

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

NATALIA HOFFMANN RAMOS DE MACEDO

**FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR ÔNIBUS E
SUA HIERARQUIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof^a. Maria Cristina Fogliatti de Sinay.
Ph. D.

Rio de Janeiro

2007

c2007

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha.

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmар ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita à referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

M141f Macedo, Natalia Hoffmann Ramos de.

Fatores que Influenciam a Sustentabilidade Ambiental do Sistema de Transporte Público Urbano e sua Hierarquização / Natalia Hoffmann Ramos de Macedo - Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2007.

118 p.: il., tab.

Dissertação (mestrado) - Instituto Militar de Engenharia - Rio de Janeiro, 2007.

1. Transporte Público Urbano por Ônibus. 2. Sustentabilidade Ambiental. 3. Hierarquização. I. Título. II. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 388.4

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

NATALIA HOFFMANN RAMOS DE MACEDO

**FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR ÔNIBUS E
SUA HIERARQUIZAÇÃO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof^a. Maria Cristina Fogliatti de Sinay. Ph. D.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2007 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof^a. Maria Cristina Fogliatti de Sinay - Ph. D. do IME - Presidente

Prof^a. Vânia Barcellos Gouvêa Campos - D. Sc. do IME

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto - D.Sc da COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro

2007

Às minhas mães:
Carmen Inês, Marta Ruth e Maria Hilda, pela
dedicação a minha criação e educação.

AGRADECIMENTOS

À minha Mãe Carmen Inês Gumúcio Hoffmann pelo incentivo ao exercício do raciocínio. À minha tia Marta Ruth Monastério Hoffmann pelo carinho e atenção dedicado a mim ao longo de todos os anos de minha vida. À minha avó Maria Hilda Hoffmann Franco pelos cuidados e puxões de orelha.

Ao meu marido Leonardo de Macedo Martins dos Santos, pelos maravilhosos momentos de convivência, sempre regados a muito amor e bom humor; pela dedicação e paciência que demonstrou ter nestes dois anos.

À família Macedo pelos almoços de fins de semana e pelos conselhos budistas.

À Liliane pelo incentivo e amizade sempre presente durante o curso.

À Adrienne, Carlos e Lúgia por terem acreditado em mim e me incentivado.

À Professora Maria Cristina Fogliatti de Sinay pela orientação, ensinamentos e sugestões.

À professora Vânia Barcellos Gouvêa Campos pelos conhecimentos transmitidos durante estes dois anos e pela participação da banca examinadora.

Ao Professor Márcio de Almeida D'Agosto pelos conhecimentos transmitidos durante estes dois anos e pela participação da banca examinadora.

À empresa de Transporte Flores, nas pessoas de Marco Antônio e Gizele Narciso pelo auxílio à aplicação do questionário.

Aos Fiscais da SMTR pela colaboração no preenchimento do questionário.

Ao IME pela oportunidade e pela infra-estrutura proporcionada.

Aos professores do IME pelos conhecimentos compartilhados ao longo do curso e pela constante disposição em ajudar, em especial a: Capitão Sandro Filippo, Ferreira filho e Major Ferro, por se apresentarem sempre acessíveis e solidários.

À Capes pelo apoio financeiro.

Aos amigos do curso de mestrado do IME, das turmas que iniciaram o curso em 2004, 2005 e 2006 - em especial a: Giovanni, Olívio, Danilo, Marcela e Isolina. Pela animação nos momentos de descontração e cumplicidade nos de aperto.

À Gina, D. Elvira pela acolhida em meus primeiros meses no Rio de Janeiro.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

*“O que for da profundidade do seu ser,
assim será o teu desejo.
O que for o teu desejo,
assim será tua vontade.
O que for a tua vontade,
assim serão teus atos.
O que forem os teus atos,
assim será o teu destino!”*

Brihadaranyaka Upanishad.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	05	
LISTA DE TABELAS	06	
LISTA DE SIGLAS	08	
1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Considerações iniciais.....	15
1.2	Objetivo e justificativa.....	17
1.3	Composição da dissertação.....	17
2	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	19
2.1	O transporte urbano	19
2.2	Classificação dos transportes	23
2.3	O sistema de transporte público urbano	28
2.3.1	Componentes do transporte público	30
2.3.2	O transporte público por ônibus no brasil.....	31
2.3.3	Legislação referente ao transporte público de passageiros	33
3	O SISTEMA DE TRANSPORTE POR ÔNIBUS E O MEIO AMBIENTE... 40	
3.1	Meio ambiente e qualidade de vida.....	40
3.2	Legislação ambiental relacionada ao stp por ônibus.....	43
3.3	A influência do transporte urbano no meio ambiente	45
3.3.1	Poluição atmosférica	47
3.3.2	Poluição do solo e das águas	53
3.3.3	Ruídos.....	53
3.3.4	Vibrações	54
3.3.5	Impactos no meio antrópico	55
3.4	Medidas mitigadoras	57
4	FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO STPU POR ÔNIBUS E SUA HIERARQUIZAÇÃO	60

4.1	Fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do STPU por ônibus	60
4.2	A metodologia multicritério	69
4.3	Método de análise hierárquica	72
4.3.1	Estruturação do problema	72
4.3.2	Avaliação dos elementos da estrutura	75
4.3.3	Hierarquização dos fatores	77
5	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA NO STPU POR ÔNIBUS.....	82
5.1	Questionário.....	82
5.2	Amostras	82
5.3	Tratamento das respostas do questionário	83
5.4	Resultados da aplicação: apresentação e comentários	86
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	95
6.1	Conclusões	95
6.2	Recomendações	96
7	BIBLIOGRAFIA.....	98
8	APÊNDICES.....	105
8.1	Apêndice 1 - Questionário.....	106
8.2	Apêndice 2 – Matrizes de julgamentos.....	112

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 2.1	Fluxograma de uma viagem urbana característica.....	20
FIG. 2.2	Classificação do transporte urbano segundo tipo de carga transportada.	24
FIG. 2.3	Classificação do transporte urbano segundo o uso.....	24
FIG. 2.4	Classificação do transporte urbano.	26
FIG. 2.5	Comparação da flexibilidade e capacidade dos modos de transporte.....	28
FIG. 2.6	Símbolo internacional de acesso (a), de pessoas com deficiência visual (b) e auditiva (c).	39
FIG. 4.1	Estrutura para encontrar o índice de sustentabilidade.....	61
FIG. 4.2	Estruturação dos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus.	68
FIG. 4.3	Estrutura em árvore correspondente aos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus	74
FIG. 5.1	Hierarquia dos fatores segundo os usuários do STPU por ônibus.	87
FIG. 5.2	Hierarquia dos fatores segundo os usuários de automóveis.	88
FIG. 5.3	Hierarquia dos fatores segundo uma empresa concessionária.	89
FIG. 5.4	Hierarquia dos fatores segundo fiscais do STPU por ônibus.....	90
FIG. 5.5	Prioridades segundo usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus.....	91
FIG. 5.6	Prioridades globais (soma) segundo todos os grupos, com discriminação da contribuição de cada grupo para o peso total do fator	93
FIG. 5.7	Prioridades globais segundo todos os grupos (soma), com discriminação do indicador ao qual cada fator pertence.....	94

LISTA DE TABELAS

TAB. 2.1	População total e urbana, no mundo e no Brasil.	20
TAB. 2.2	Distribuição das despesas de consumo média mensal familiar, por tipos de despesas, nas regiões brasileiras.....	21
TAB. 2.3	Espaço consumido e passageiros transportados em automóveis, vans e ônibus.	22
TAB. 2.4	Índices de consumo de combustível, poluição atmosférica e custos da motocicleta e do automóvel relativos ao ônibus.	22
TAB. 2.5	Classificação dos sistemas de transportes em função do meio de locomoção.	23
TAB. 2.6	As 20 maiores cidades do mundo em 2002, por região.....	29
TAB. 2.7	Número de passageiros do transporte público em cidades brasileiras...	31
TAB. 2.8	Distribuição de viagens por modo coletivo na cidade do Rio de Janeiro, 2003.....	32
TAB. 2.9	Diferenças nas carrocerias dos ônibus Tipo I e Tipo II.....	35
TAB. 2.10	Resoluções aplicáveis aos veículos de transporte coletivo de passageiros.	36
TAB. 4.1	Exemplo de matriz de comparação paritária.	76
TAB. 4.2	Escala de Julgamento de Importância do MAH.....	76
TAB. 4.3	Tabela de índice randômico.	80
TAB. 5.1	Exemplo de aplicação do questionário sobre conveniência dos pontos de parada em um usuário do STPU por ônibus.....	84
TAB. 5.2	Exemplo de uma matriz de julgamentos de um usuário do STPU por ônibus.	84
TAB. 5.3	Exemplo de hierarquização dos fatores dos pontos de parada	84
TAB. 5.4	Pesos relativos dos indicadores segundo: usuários do STPU por ônibus (A), usuários de automóveis (B), empresas concessionárias (C) e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus (D).....	85
TAB. 5.5	Pesos relativos dos fatores segundo: usuários do STPU por ônibus (A), usuários de automóveis (B), empresas concessionárias (C) e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus (D).....	85

TAB. 5.6	Hierarquia dos fatores segundo os usuários do STPU por ônibus.	86
TAB. 5.7	Hierarquia dos fatores segundo os usuários de automóveis.	87
TAB. 5.8	Hierarquia dos fatores segundo uma empresa concessionária.	88
TAB. 5.9	Hierarquia dos fatores segundo fiscais do STPU por ônibus.....	90

LISTA DE SIGLAS

AHP	Analytic Hierarchy Process.
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais.
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos.
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento.
BIRD	Banco Mundial.
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito.
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito.
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes.
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
FEEMA-RJ	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente – Rio de Janeiro.
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (extinta).
GNV	Gás Natural veicular.
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
MAH	Método de Análise Hierárquica.
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul.
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos.
ONU	Organização das Nações Unidas.
OWS	Oil Water Separator.
PCA	Plano de Controle Ambiental.
PRAD	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas.
RCA	Relatório de Controle Ambiental.
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental.
SMTR	Secretaria Municipal de Transportes.
SNT	Sistema Nacional de Trânsito.
STP	Sistema de Transporte Público.
STPU	Sistema de Transporte Público Urbano.

RESUMO

O crescimento populacional mundial das grandes cidades acarretou no aumento da quantidade diária de viagens urbanas realizadas. Este aumento é causa de muitos dos problemas vividos atualmente por moradores desses grandes centros, dentre os que podem ser destacados congestionamentos e altos níveis de poluição atmosférica e sonora.

O transporte público de passageiros possibilita que várias pessoas sejam transportadas em um mesmo veículo, opção que, quando comparada ao automóvel, causa menos impactos ambientais. Porém os danos ao meio ambiente ainda ocorrem a ponto de reduzir a qualidade de vida da sociedade.

Em todas as cidades e em particular, nas cidades brasileiras, onde os ônibus e microônibus são utilizados como os principais veículos de transporte público, deve-se buscar a melhoria contínua deste serviço com o intuito de torná-lo de qualidade para os usuários e de mitigar os impactos negativos causados aos não usuários.

A sustentabilidade ambiental dos Sistemas de Transporte Público Urbano (STPU) por ônibus pode ser expressa por meio de vários aspectos associados às diversas atividades desenvolvidas no mesmo. Assim, se faz necessária a identificação desses aspectos e sua hierarquização segundo vários agentes, a fim de estabelecer prioridades de ação quando da tomada de decisão para reduzir o passivo ambiental.

Neste trabalho, foram identificados os fatores que mais influenciam a sustentabilidade ambiental deste serviço segundo usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e fiscais do STPU por ônibus.

A ferramenta analítica utilizada neste trabalho foi o Método de Análise Hierárquica (MAH) que possibilitou que os fatores que afetam a sustentabilidade ambiental deste serviço propostos por Paes (2006) fossem hierarquizados.

ABSTRACT

Populational growth in cities throughout the world contributes to increase the daily number of trips that take place in urban area, which, in turn, provokes many problems to the inhabitants like traffic jams and high levels of noise and air pollution.

Public transportation is a way to use a single vehicle to carry many people, being a less environmentally harmful option when compared to the correspondent performance of an automobile. However, there is still some amount of environmental damage enough to reduce society's life quality.

In every city, particularly in Brazilian ones, where buses and minibuses are used as main vehicles for public transportation, efforts should be made in order to continually improve this service, so that it reaches desired levels of quality to users, mitigating the negative impacts caused to the environment.

Environmental sustainability in bus-based Public Urban Transport Systems (STPU) can be expressed by means of several aspects related to the activities carried on during the operation of the service. It is necessary to identify these aspects and to obtain their hierarchy according to several agents, in order to establish priorities of actions in a decision making process.

In this work, factors being more influent to this service's environmental sustainability are identified according to bus-based STPU users, automobile users, transportation service providers and their regulatory agents.

The analytical tool used in this work is the Analytical Hierarchy Process (MAH), providing the means to build the desired hierarchy on a set of environmental sustainability factors proposed by Paes (2006).

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com o crescimento demográfico observado ao longo da história em diversos locais do mundo e a migração da população para as cidades em virtude da busca por melhores condições de vida, o espaço urbano ficou densamente povoado, com o conseqüente aumento da necessidade de deslocamentos.

Cidades brasileiras que abrigavam há menos de um século 10% da população nacional, atualmente abrigam 82% (Ministério das Cidades, 2005). Uma alternativa para atender esta crescente demanda é o transporte coletivo de passageiros, que permite que várias pessoas sejam transportadas juntas em um mesmo veículo. É uma opção acessível a todos, em particular a pessoas de baixa renda e pessoas que não podem dirigir, como crianças, idosos e deficientes.

Os meios mais utilizados no Serviço de Transporte Público Urbano (STPU), no Brasil, são os veículos sobre pneus que se deslocam nas ruas – ônibus e microônibus.

Neste país, contam-se cerca de 2000 empresas de ônibus urbanos (Aragão 2005). Segundo a Rio Ônibus (2005), sindicato das empresas de ônibus da cidade do Rio de Janeiro, o transporte coletivo desta cidade conta hoje com cerca de 8.000 veículos, distribuídos em 48 empresas, transportando cerca de 80 milhões de passageiros por mês ou aproximadamente 2,7 milhões de passageiros por dia.

O transporte público coletivo proporciona mobilidade à população e seu bom funcionamento é associado ao nível de desenvolvimento econômico e social dos centros urbanos. A eficiência do sistema deve ser buscada em todas as ações envolvidas para a realização do serviço, visando o desenvolvimento sustentável, de forma a viabilizar soluções para os problemas atuais da população, sem comprometer a capacidade das gerações futuras também satisfazerem as suas necessidades básicas.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 em seu artigo 30, inciso V declara que é competência dos municípios organizar e prestar, diretamente ou sob regime

de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial.

É competência do Ministério das Cidades tratar da política de desenvolvimento urbano e das políticas setoriais de habitação, saneamento ambiental, transporte urbano e trânsito.

Segundo esta concepção, a oferta do transporte público é reconhecida como de responsabilidade do Poder Público. Não obstante, na maioria das vezes sua execução é delegada à iniciativa privada mediante contrato administrativo, regulamentado pela Lei das Concessões n. 8.987 de 1995.

De acordo com Aragão (2005), a obrigação principal do concessionário é a de executar esse serviço de acordo com as prescrições do Poder Público, colaborando com os procedimentos de controle operacional. Em seu art. 6º a Lei das Concessões estabelece o direito do usuário ao serviço regular, contínuo, eficiente, seguro, acessível, oferecido de forma cortês e com preço moderado. O usuário também tem o direito de participar no controle do serviço e de acessar qualquer informação relevante para a defesa de seus interesses.

Apesar da importância do STPU, as atividades relacionadas com a sua operação podem criar um passivo ambiental que, se não recuperado sistematicamente, pode crescer significativamente, comprometendo a qualidade de vida da população.

A Lei das Concessões não estabelece penalidades – como multas a quem não recupera o passivo ambiental provocado pelas atividades afins, porém a Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605 de 1998, estabelece sanções penais e administrativas às pessoas ou entidades que apresentem condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.

Assim, de forma direta, as concessionárias devem verificar e recuperar o passivo ambiental gerado sob pena de autuações de grande vulto monetário. Como elas executam o serviço de transporte público em vários itinerários, os componentes do passivo ambiental são variados na sua constituição, no espaço e no tempo, tornando-se necessária a definição de prioridades para a recuperação do mesmo.

1.2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

A presente dissertação tem por objetivo relacionar os fatores que influenciam à sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus, realizando em seguida sua hierarquização segundo vários pontos de vista, a fim de estabelecer prioridades de ação quando da tomada de decisão em relação a diminuição do passivo ambiental.

Os fatores de que trata este trabalho são aqueles relacionados à frota, aos pontos de parada, às oficinas de manutenção e aos motoristas que quando mal gerenciados provocam danos ao meio ambiente. Como se trata de fatores de naturezas distintas (quantitativa ou qualitativa), requerem para o seu tratamento uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão que possibilite sua agregação.

Esta característica, além da existência de diversos pontos de vista a serem contemplados (usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus) sobre os fatores considerados, aponta para o uso de um Método Multicritério para obtenção das prioridades entre os mesmos. Nesta dissertação foi escolhido como ferramenta analítica o Método de Análise Hierárquica cujas características e propriedades serão apresentadas no capítulo 4.

A seleção do serviço de transporte público urbano por ônibus se deve ao fato de este meio prevalecer na maioria dos centros urbanos brasileiros. Este trabalho tem como base indicadores de sustentabilidade ambiental propostos por Paes (2006) para este serviço.

1.3 COMPOSIÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para atingir o objetivo mencionado, são necessários alguns estudos, cujas etapas se encontram distribuídas nos capítulos citados a seguir:

Capítulo 1 Introdução

São apresentados o objetivo da dissertação, a justificativa para a realização do estudo e a sua estruturação.

Capítulo 2 Caracterização dos Sistemas de Transporte Público Urbano

Apresentam-se o histórico, a importância, os componentes, a classificação e a legislação pertinente.

Capítulos 3 Impactos Ambientais associados aos Sistemas de Transporte Urbano

Realiza-se um levantamento dos componentes do meio ambiente que influenciam a sustentabilidade ambiental deste sistema, bem como da legislação vigente.

Capítulo 4 Fatores que Influenciam a Sustentabilidade Ambiental do STPU por Ônibus e sua Hierarquização

É apresentada a seleção dos fatores relacionados à frota, aos pontos de parada, às oficinas de manutenção e aos motoristas que influenciam a sustentabilidade ambiental do STPU por ônibus. Em seguida procede-se a apresentação do método de análise hierárquica para a priorização dos fatores selecionados.

Capítulo 5 Método de Análise Hierárquica no STPU por ônibus

Realiza-se a aplicação do MAH à estrutura formada pelo conjunto de fatores apresentado no capítulo 4 resultando em listas de prioridades destes fatores segundo os vários pontos de vistas considerados.

Capítulo 6 Conclusões e recomendações

Comentam-se os resultados mais relevantes do presente estudo e apresentam-se propostas de trabalhos que dêem continuidade a este.

Apêndice 1 Contém o questionário de avaliação dos fatores e indicadores que foi aplicado em amostras pertencentes aos vários grupos considerados.

Apêndice 2 Contém as matrizes dos julgamentos e as memórias dos cálculos dos autovalores, autovetores, pesos relativos e pesos globais para o grupo dos fiscais.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Neste capítulo, são apresentados conceitos e características do transporte público urbano, a fim de situar o presente trabalho neste contexto. São estudados suas características mais relevantes, sua classificação e seus componentes. Aborda-se ainda a legislação pertinente a esse serviço, destacando as normas que orientam as empresas concessionárias.

2.1 O TRANSPORTE URBANO

A Revolução Industrial, iniciada em meados do século XVIII, caracterizou-se pela passagem da manufatura à indústria mecânica. A introdução de máquinas permitiu a multiplicação do trabalho nas fábricas gerando, em torno destas, aglomerados de trabalhadores e por conseqüência os centros urbanos. O êxodo da população da zona rural para as imediações de seu local de trabalho e de suas atividades comerciais, educacionais e recreativas, também contribuiu para o crescimento das cidades.

Outro fator que contribuiu para o crescimento das cidades foi o surgimento dos veículos motorizados, que reduziram o esforço necessário para os deslocamentos, antes feito por tração animal ou pela própria pessoa. Os veículos automotores também trouxeram um aumento da velocidade de deslocamento, o que acarretou a expansão geográfica das cidades e iniciou seu ciclo de dependência com relação ao transporte.

A urbanização mundial ocorreu rapidamente. Londres, por exemplo, de uma população de 800.000 habitantes, em 1780, passou a mais de 5 milhões de habitantes em 1880. Na TAB. 2.1 são apresentados dados disponibilizados pela ONU sobre o crescimento populacional geral e urbano, no mundo e no Brasil. Pode-se verificar claramente, além do crescimento populacional em ambos os universos considerados, a tendência ao aumento da concentração urbana.

TAB. 2.1 População total e urbana, no mundo e no Brasil.

Ano	Mundo			Brasil		
	População Total	População Urbana	População Urbana	População Total	População Urbana	População Urbana
1950	2 518 629	732 729	29.1	53 975	19 406	36.0
1960	3 021 475	992 753	32.9	72 742	32 693	44.9
1970	3 692 492	1 329 548	36.0	95 988	53 578	55.8
1980	4 434 682	1 736 844	39.2	121 614	80 550	66.2
1990	5 263 593	2 273 241	43.2	148 809	111 171	74.7
2000	6 070 581	2 856 927	47.1	171 796	139 403	81.1
2003	6 301 463	3 043 900	48.3	178 470	148 266	83.1
2005	6 453 628	3 171 990	49.2	182 798	154 002	84.2
2010	6 830 283	3 505 347	51.3	192 879	167 039	86.6
2015	7 197 247	3 855 870	53.6	201 970	178 485	88.4
2020	7 540 237	4 215 397	55.9	209 793	188 143	89.7
2025	7 851 455	4 579 192	58.3	216 372	196 083	90.6
2030	8 130 149	4 944 679	60.8	222 078	202 686	91.3
	Milhões		%	Milhões		%

Fonte: ONU (2003).

Segundo D'Agosto (1999), por transporte entende-se o deslocamento de pessoas e/ou cargas, de um lugar para o outro do espaço, ao longo de um percurso, durante um certo período de tempo consumindo uma certa quantidade de recursos. Ferraz e Torres (2004) definem transporte como o deslocamento de pessoas e de produtos. O deslocamento de pessoas constitui o transporte de passageiros e o de produtos o transporte de carga.

Os deslocamentos de pessoas e produtos no interior das cidades são caracterizados como 'transporte urbano'. Este transporte tem a capacidade de influenciar na própria configuração urbana, de modo que é necessário entender a dinâmica das viagens realizadas na cidade para efetuar um planejamento urbano eficiente. D'Agosto (1999) apresenta o esquema de uma viagem típica urbana da FIG. 2.1 a seguir.

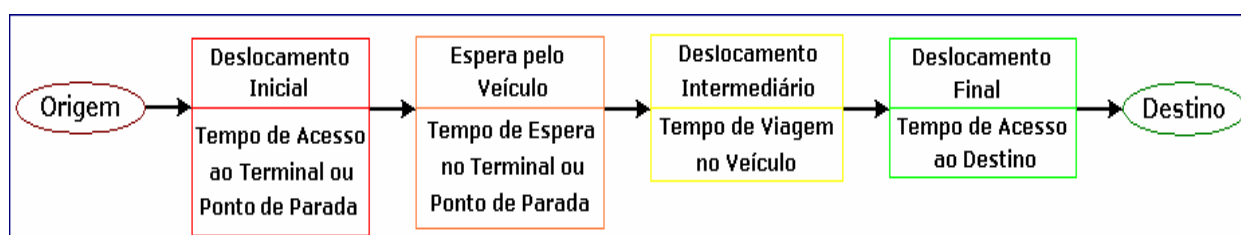


FIG. 2.1 Fluxograma de uma viagem urbana característica.

Fonte: Modificada de D'Agosto (1999).

O efeito dos sistemas de transporte sobre a configuração urbana é exemplificado no trabalho de Silva (2000), segundo o qual o preço final de uma propriedade urbana é afetado principalmente pela proximidade do imóvel a um meio de transporte. Variáveis de infra-estrutura básica como asfalto, água, esgoto, luz e calçada não exercem grande influência sobre o valor final do lote.

Uma vez que os sistemas de transportes urbanos oferecem mobilidade às pessoas, eles influenciam na qualidade de vida e no nível de desenvolvimento econômico e social da população. Segundo o anuário de 2003/2004 da Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos - NTU (2004), precárias condições de mobilidade são obstáculos à superação da pobreza e provocam a exclusão social de cerca de 45% da população urbana brasileira que tem renda mensal familiar inferior a três salários mínimos.

A baixa mobilidade verificada tem por motivo, além das graves deficiências na qualidade dos serviços de transporte, em termos de frequência (longos tempos de espera), de acesso às linhas e terminais e de segurança, as altas tarifas do transporte coletivo urbano em comparação com os baixos rendimentos familiares. A participação dos gastos com transporte no orçamento das famílias é mostrada na TAB 2.2. Isto leva as pessoas a substituírem o transporte coletivo por longos percursos a pé ou de bicicleta, e a fazerem uso de vários recursos, inclusive ilegais, para burlar o pagamento das tarifas.

TAB. 2.2 Distribuição das despesas de consumo média mensal familiar, por tipos de despesas, nas regiões brasileiras.

Localização do domicílio	Alimentação	Habitação	Vestuário	Transporte	Saúde	Educação
Brasil	20,75	35,50	5,68	18,44	6,49	4,08
Urbana	19,58	36,11	5,67	18,49	6,59	4,32
Rural	34,12	28,66	5,74	17,88	5,39	1,46
Norte	27,19	33,42	7,29	15,70	4,90	2,30
Nordeste	26,79	32,27	6,82	16,01	5,98	3,28
Sudeste	18,89	36,67	5,13	18,44	6,91	4,70
Sul	19,95	35,46	5,73	20,65	6,16	3,47
Centro-Oeste	18,09	35,86	5,90	20,77	6,40	4,05

Fonte: Adaptada de IBGE (2003).

Outra alternativa ao transporte coletivo é o uso do automóvel, que normalmente se configura como escolha imediata para quem tem meios para adquiri-lo. Esta escolha ocorre em razão da flexibilidade que o mesmo proporciona, ao reduzir

bastante o deslocamento a pé até o meio de transporte e de permitir o seu uso no momento em que for desejado. Porém, nos grandes centros urbanos, a busca por este tipo flexibilidade tem trazido consigo a ocorrência de engarrafamentos. Na TAB. 2.3 apresentam-se dados percentuais de ocupação da via por automóveis, vans e ônibus.

TAB. 2.3 Espaço consumido e passageiros transportados em automóveis, vans e ônibus.

Modo	Passageiros transportados em 1% da via
Automóvel	0,35%
Vans e peruas	1,00%
Ônibus	2,80%

Fonte: NTU (2002).

Uma vez que estes veículos transportam 0,35% passageiros em 1% da via, contra os 2,80% que os ônibus transportam no mesmo espaço, pode-se concluir que os automóveis colaboram mais que os outros veículos na formação de congestionamentos.

Com relação ao consumo de combustível, a pesquisa desenvolvida pela ANTP (2002) em NTU (2002) mostra que, considerando o diesel consumido em um ônibus (ou o equivalente em gasolina) como 1 unidade, motocicletas precisam de 4,6 unidades e automóveis precisam de 12,7 unidades. O índice de poluição atmosférica, também considerando a unidade como a poluição gerada pelos ônibus, é de 32,3 unidades para motocicletas e 17 unidades para automóveis. Por fim, se a utilização do ônibus tem um custo total de 1 unidade, a utilização de motocicletas custa 3,9 unidades e a de automóveis, 8 unidades. Na TAB. 2.4 mostram-se os dados que relacionam os valores mencionados.

TAB. 2.4 Índices de consumo de combustível, poluição atmosférica e custos da motocicleta e do automóvel relativos ao ônibus.

Modo	Índices Relativos por passageiros / Km ¹		
	Combustível ²	Poluição atmosférica ³	Custo Total ⁴
Ônibus	1	1	1
Motocicleta	4,6	32,3	3,9
Automóvel	12,7	17,0	8,0

Fonte: ANTP (2002) *apud* NTU (2002).

¹Ocupação de 50 pessoas por ônibus, 1 por moto e 1,3 por automóvel.

²Base calculada em gramas equivalentes de petróleo (diesel e gasolina).

³Monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado.

⁴Custos totais, fixos e variáveis.

A mobilidade da população, sendo um fator de desenvolvimento, deve ser obtida por meio de um sistema de transporte público ambientalmente sustentável que tome o lugar do transporte individual de forma a reduzir os impactos causados ao meio ambiente.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TRANSPORTES

O Anuário Estatístico do GEIPOT do ano de 2001 apresenta a classificação dos sistemas de transportes em modos conforme mostrado na TAB. 2.5.

TAB. 2.5 Classificação dos sistemas de transportes em função do meio de locomoção.

Tipo de Transporte	Divisão
Aeroviário	<ul style="list-style-type: none">▪ de passageiros▪ de carga
Aquaviário	<ul style="list-style-type: none">▪ navegação de longo curso▪ navegação de cabotagem▪ navegação de interior
Ferrovário	<ul style="list-style-type: none">▪ de passageiros: de interior e de subúrbio▪ de carga
Rodoviário	<ul style="list-style-type: none">▪ de carga▪ de passageiros
Urbano	<ul style="list-style-type: none">▪ por barcas▪ ferroviário▪ por trolebus
Dutoviário	<ul style="list-style-type: none">▪ oleodutos▪ minerodutos▪ gasodutos

Fonte: GEIPOT (2001) *apud* Alves (2006).

D'Agosto (2005) por sua vez, classifica os sistemas de transporte como apresentado na FIG. 2.2 abaixo. Entendem-se por modos não motorizados todos aqueles em que o esforço para a movimentação é realizado pelo homem ou por um animal, enquanto que os motorizados utilizam energia proveniente de um motor que usa combustíveis fósseis (gasolina, óleo diesel e gás natural), álcool e eletricidade.

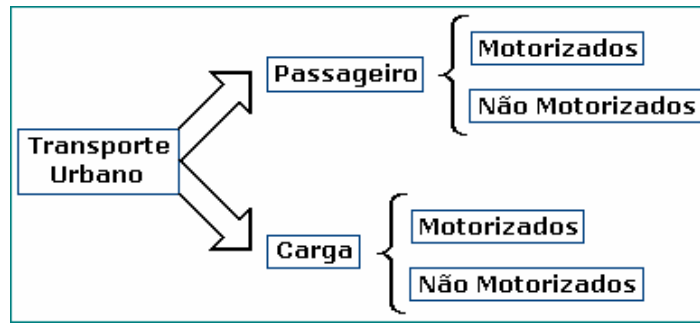


FIG. 2.2 Classificação do transporte urbano segundo tipo de carga transportada.

Ferraz e Torres (2004) propõem uma classificação dos modos de transporte urbano em função do tipo de uso: privado ou individual, alugado ou semipúblico ou público, como apresentada na FIG. 2.3.

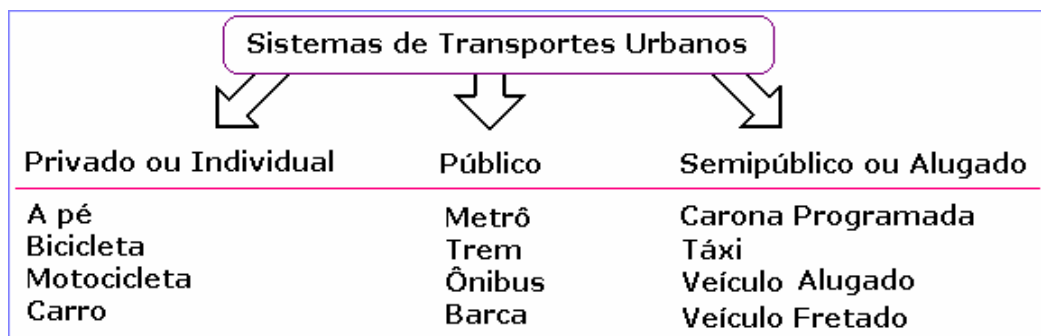


FIG. 2.3 Classificação do transporte urbano segundo o uso.

O uso privado ocorre quando os veículos são de propriedade particular, operado pelo próprio usuário que escolhe livremente o horário de partida e o caminho, geralmente em vias públicas. Exemplos são: transporte a pé, em bicicleta e automóveis.

O uso público é feito com rotas e horários fixos, disponíveis para os usuários que concordarem em pagar uma tarifa pelo serviço. Não há flexibilidade de uso no espaço e no tempo e o transporte não é porta a porta. Exemplos são: transporte em ônibus, em bondes, metrôs e trens.

O semipúblico ou alugado ocorre quando o veículo pertence a uma empresa ou indivíduo e pode ser utilizado por determinado grupo de indivíduos ou por qualquer pessoa, com rota e horários adaptáveis aos desejos dos usuários. As vans ou peruas, táxis, mototáxis e a carona programada são os veículos empregados por esse sistema de transporte.

Vuchic (1981) *apud* D'Agosto (1999) propõe classificações por tipo de uso do veículo, tipo de agrupamento de passageiros transportados e características operacionais, conforme apresentado na FIG. 2.4. A classificação por tipo de uso corresponde àquela já apresentada por Ferraz e Torres (2004). Já a classificação por grupo de passageiros compreende o transporte individual e o transporte coletivo ou transporte de massa. Quanto a classificação segundo as características operacionais dos veículos utilizados, são considerados 3 aspectos: quanto ao direito de uso da via, quanto à tecnologia empregada e quanto ao tipo de serviço oferecido.

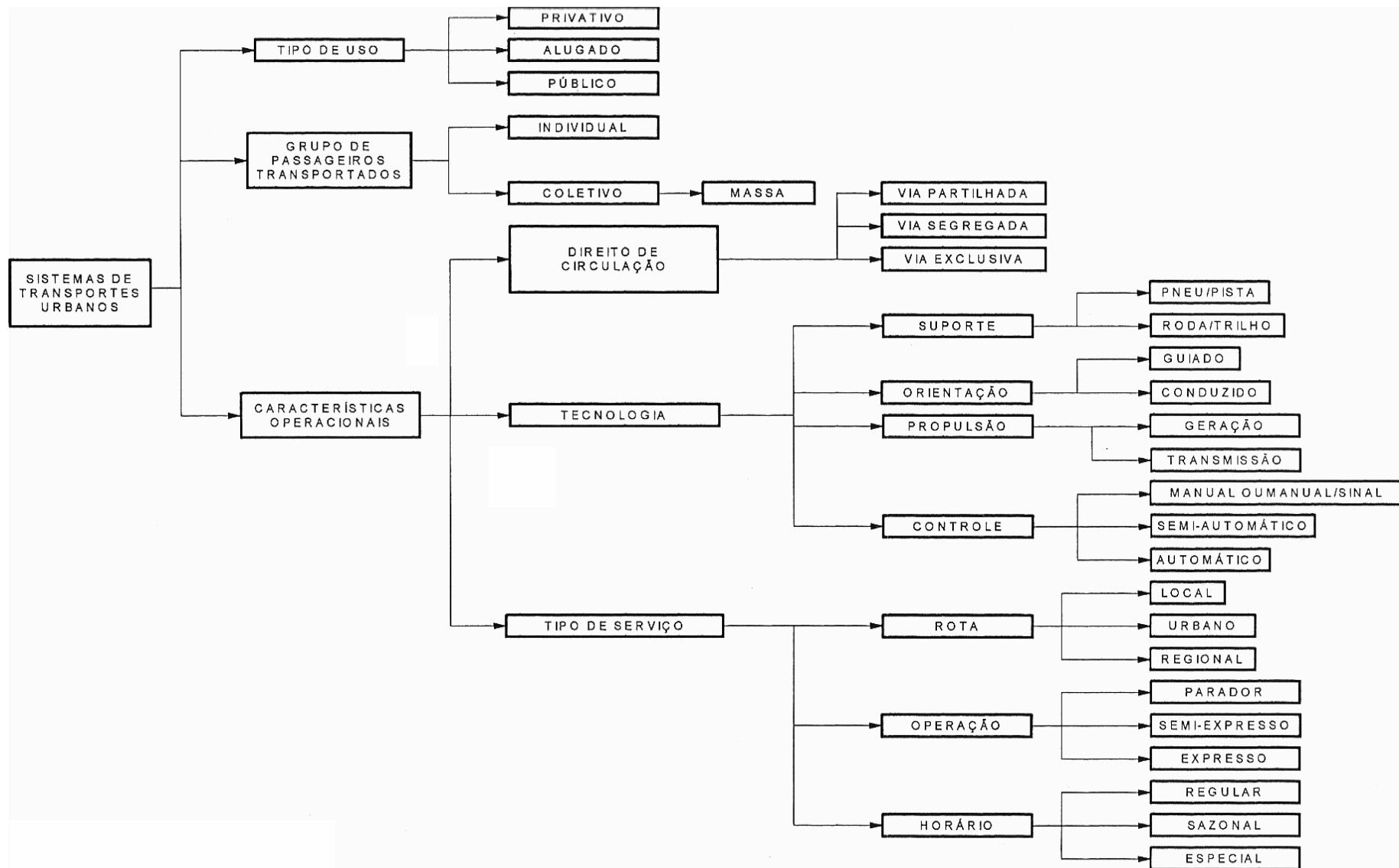


FIG. 2.4 Classificação do transporte urbano.
 Fonte: Vuchic (1981) *apud* D'Agosto (1999).

Quanto à tecnologia empregada, esta pode ser subdividida ainda em classificações relativas a: suporte (pneus sobre pista no transporte rodoviário, e rodas sobre trilhos no transporte ferroviário); orientação (conduzido por volante, ou guiado pelo contato do flange com o trilho); propulsão (geração de energia por combustão interna, por exemplo, ou transmissão de energia, por captação de eletricidade de fontes externas); e controle (manual, que depende totalmente de intervenção humana na operação do veículo, até automático, totalmente independente).

Quanto ao tipo de serviço oferecido, este pode ser classificado segundo a rota utilizada (em nível local, urbano ou regional); segundo a operação (parador, quando o veículo para em todos os pontos da rota, acelerado quando para em alguns poucos pontos pré-determinados, ou expresso quando ocorrem paradas somente em terminais extremos); e por fim, segundo o horário do serviço (regular quando o serviço é prestado ao longo de todo o dia, com programação prévia de horários, sazonal quando opera apenas nas horas de pico de demanda e especial quando é programável segundo eventos que necessitem de transporte).

Quanto ao direito de uso da via, este pode ser de: operação em via partilhada, onde não existem barreiras físicas possibilitando a passagem de outros tipos de tráfego; operação em via segregada, na qual existe uma separação longitudinal do tráfego, porém os cruzamentos transversais de outros veículos e pedestres são permitidos; e operação em via exclusiva, onde a faixa é utilizada apenas pelo veículo em questão. Exemplos de transporte em vias partilhadas e em segregadas são aqueles realizados por ônibus, e em exclusivas, por trens e metrô.

Deve ser citado que as vantagens da segregação da via para sistemas de ônibus urbanos são o aumento de capacidade da via, cerca de 20%, e o aumento da velocidade comercial, cerca de 65%. (D'Agosto, 1999).

Dois características essenciais dos modos de transportes são sua capacidade e flexibilidade. A primeira se relaciona com o número de usuários transportados e a segunda com a facilidade em iniciar ou terminar uma viagem utilizando aquele modo. Uma visão geral dos diversos modos que relaciona estas duas características, apresentada por Ferraz e Torres (2004), encontra-se na FIG. 2.5. Pode-se observar na mesma que os modos privados apresentam alta flexibilidade e

baixa capacidade, ao contrário dos modos públicos, que têm baixa flexibilidade e alta capacidade.

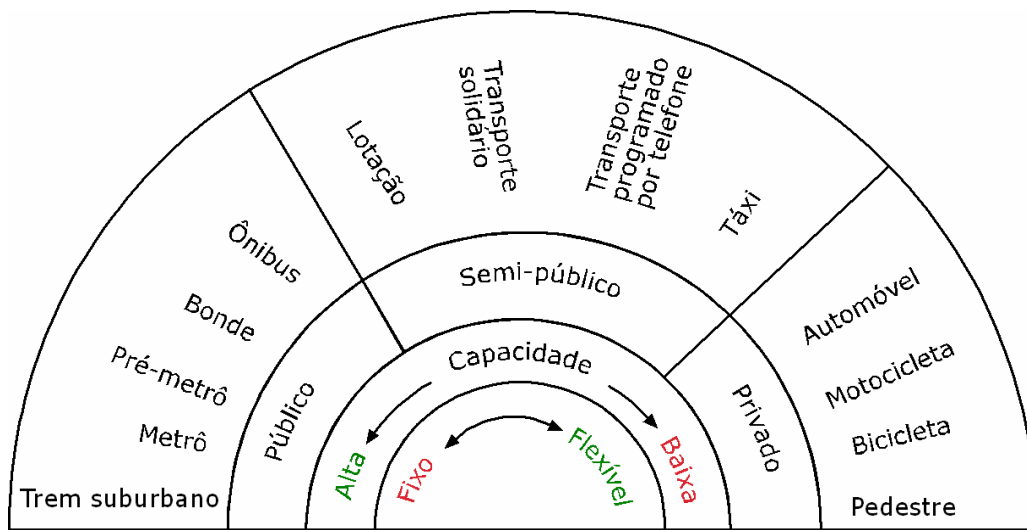


FIG. 2.5 Comparação da flexibilidade e capacidade dos modos de transporte.
 Fonte: Gray e Hoel (1992) *apud* Ferraz e Torres (2004).

2.3 O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Antes do século XVII, o deslocamento das pessoas nas cidades era realizado a pé, montadas em animais ou em carruagens movidas por tração animal.

As carruagens puxadas por animais para transportar pessoas que surgiram nas cidades de Londres, em 1600 e em Paris, em 1612, constituíram os primeiros veículos de transporte urbano. Em 1826, foi criada em Nantes, França, uma linha de transporte público. Os veículos foram chamados de *omnibus* - que significa 'para todos' em latim. (Ferraz e Torres, 2004).

A partir da década de 50 o mundo foi marcado pelo surgimento de grandes metrópoles, com elevados níveis populacionais. Estas explosões demográficas ocorreram em grande velocidade, principalmente em cidades de países em desenvolvimento, geralmente tendo como causa crises econômicas que forçavam o trabalhador rural a procurar as cidades que se destacavam regional ou nacionalmente.

Segundo Leite (2002), no ano de 2001, das 20 maiores cidades do mundo, 17 se situavam em países em desenvolvimento, como mostrado na TAB 2.6.

TAB. 2.6 As 20 maiores cidades do mundo em 2002, por região.

Região	Cidade	População (milhões)	Posição no mundo
Países Desenvolvidos	Tóquio	26,546	2
	Nova Iorque	26,444	4
	Los Angeles	13,213	10
PED (Países em desenvolvimento) América Latina	Cidade do México	18,066	1
	São Paulo	17,962	3
	Buenos Aires	12,022	11
	Rio de Janeiro	10,652	13
PED, África	Cairo	9,462	16
PED, Ásia	Changai	12,887	5
	Calcutá	16,086	6
	Bombaim	16,086	7
	Beijing	10,839	8
	Jakarta	11,018	9
	Delhi	12,441	12
	Seul	9,888	14
	Tianjin	9,156	15
	Karachi	10,032	17
	Manila	9,950	18
	Bangkok	7,372	19
Istambul	8,953	20	

Fonte: ONU (2002) *apud* Leite (2002).

Essas cidades, que tiveram um crescimento populacional acelerado e que tinham recursos limitados, não conseguiram acompanhar esse crescimento com a correspondente evolução dos seus sistemas de transporte, gerando assim, uma distribuição desordenada do uso do solo e causando sérios problemas sociais, como grandes áreas sem urbanização, bolsões de miséria nas periferias, má distribuição e dimensionamento dos sistemas de transportes e altas taxas de desemprego ou subemprego.

Como conseqüência deste crescimento desordenado, as cidades onde os governos não tinham capacidade financeira não puderam investir em sistemas sobre trilhos (que possuem maior capacidade do que os ônibus).

A Mercedes-Benz do Brasil (1987) *apud* Pamplona (2000), cita as seguintes causas para o massivo emprego dos ônibus:

- flexibilidade na adequação de itinerários e expansão de trajetos;
- rapidez na implantação;

➤ possibilidade de transporte de demandas elevadas e de atingir altas velocidades, desde que em condições prioritárias;

➤ valor de revenda do veículo alto e

➤ ser operado, na maioria dos casos, pela iniciativa privada, apenas regulamentado por órgãos públicos.

Embora tais vantagens tenham motivado a opção pelo uso do ônibus, há uma contrapartida na forma de conseqüências do ponto de vista ambiental. Definem-se a seguir os componentes do transporte público, com o intuito de detalhar posteriormente quais os impactos ambientais associados a cada um deles.

2.3.1 COMPONENTES DO TRANSPORTE PÚBLICO

Os componentes de um sistema de transporte urbano, de acordo com Vuchic (1981) e McGean (1976) *apud* D'Agosto (1999) são:

➤ **Veículos:** formam a frota circulante e propiciam o deslocamento dos passageiros. As frotas são compostas por diferentes veículos em diferentes quantidades que se adaptam em maior ou menor grau à rota segundo suas dimensões, potência do motor, capacidade e combustível utilizado;

➤ **Vias:** formam o espaço designado para o tráfego dos veículos e têm denominações diferentes em função do tipo de tecnologia de implantação e do tipo de veículo que a utiliza. As vias devem garantir a circulação e têm importante papel no desempenho operacional do sistema. São constituídas pelo espaço designado ao trânsito tanto de veículos, como de pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento e o canteiro central. Os fatores que influenciam os deslocamentos relacionados às vias, são o tipo de revestimento e a largura das faixas;

➤ **Terminais:** são os locais onde a frota permanece quando não está em operação, possuem área para manobras e limpeza dos veículos. Os componentes dos terminais que influenciam nos deslocamentos são suas dimensões, localização e tipo de construção;

➤ **Pontos de parada:** são locais apropriados para o intercâmbio de passageiros em operações de embarque e desembarque, distribuídos ao longo da via.

➤ **Sistemas de controle:** são formados por um conjunto de equipamentos de detecção, comunicação e sinalização, com função de integrar os demais componentes físicos e regular sua operação, para promover a segurança, eficiência e uso racional.

➤ **Oficinas:** são os locais onde são realizados a manutenção e o reparo dos veículos. Os recursos destinados às oficinas (humanos, equipamentos, peças e produtos) são fundamentais para garantir a segurança e a freqüência do serviço.

Oliveira (2000) inclui ainda como componentes de um sistema de transporte os motoristas e o ambiente onde os deslocamentos ocorrem.

➤ **Motorista:** é o responsável pela condução do veículo. Seu desempenho é influenciado pela idade, condição física e psíquica, grau de educação, capacidade de atenção, visão, audição além dos fatores modificadores do comportamento humano, como a ingestão de bebidas alcoólicas, medicamentos e drogas;

➤ **Ambiente:** é formado pelo conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (Brasil, 1981). Características das edificações, publicitárias (outdoors), de luminosidade e climáticas (chuvas e névoas) podem interferir no sistema de transporte.

2.3.2 O TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS NO BRASIL

Na maioria dos centros urbanos brasileiros o veículo mais utilizado é o ônibus, como mostrado nas TAB. 2.7 e TAB. 2.8.

TAB. 2.7 Número de passageiros do transporte público em cidades brasileiras.

Serviço	Municípios¹	Passageiros / dia	%
Ônibus	920	55.140.000	93,8
Trem / metrô	64	3.479.000	5,9
Barcas	12	140.000	0,2
Total	996	58.760.000	100

Fonte: ANTP (2003).

¹ Estimado para municípios com mais de 30 (trinta) mil habitantes.

TAB. 2.8 Distribuição de viagens por modo coletivo na cidade do Rio de Janeiro, 2003.

Modo de transportes	Participação (%)
Ônibus municipal	64
Vans	17
Ônibus intermunicipal	6
Metrô	5
Trem	3
Transporte escolar	2
Transporte fretado	1
Barco / Aerobarco / Catamarã	1

Fonte: SMTR (2005).

Leite (2002) apresenta os modelos de veículos disponíveis na indústria brasileira: Padron, Microônibus e ônibus Articulado, descritos a seguir.

Padron – este modelo foi elaborado pela extinta Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), cujo objetivo era estabelecer parâmetros, valores e medidas que deveriam ser considerados nos projetos e na fabricação de carrocerias urbanas, utilizando os chassis disponíveis no mercado nacional dessa época.

Os parâmetros, valores e medidas das carrocerias estabelecidos neste projeto, levaram em consideração a adequação dos elementos estruturais da armação das mesmas aos esforços combinados de flexão, torção e cisalhamento a que estão submetidas, em especial as carrocerias fixadas sobre chassis de longarinas, as quais, no geral são as mais expostas aos fenômenos de deformação e de fadiga.

Entretanto, o modelo de ônibus indicado pelo “Projeto Padron”, por ter sido considerado muito sofisticado, não foi adotado pelos fabricantes na forma original e sim com muitas modificações.

Microônibus – este modelo se caracteriza por possuir dimensões reduzidas em relação aos outros tipos de ônibus. Sua capacidade tipicamente é de 20 a 25 passageiros, razão pela qual encontra seu uso mais adequado nas linhas alimentadoras, que possuem demanda menor.

O microônibus e o padron possuem apenas 2 eixos, enquanto que o articulado e o bi-articulado possuem 3 e 4 respectivamente. Outra característica verificada neles, normalmente, é a presença de ar-condicionado, que se encontra em relativamente poucos dos ônibus maiores.

Articulado – são unidades rígidas interligadas por seção articulada que possibilitam a passagem dos passageiros entre os compartimentos, sendo uma das

unidades dotada de tração. Estes ônibus possuem chassis especiais com articulações (uma ou duas) que lhes permitem comprimentos maiores que os ônibus comuns, sem impossibilitar as manobras nas vias urbanas e rodovias. São veículos de alta capacidade, projetados para atuar em linhas densas de transporte coletivo (acima de 10.000 passageiros/h). São utilizados no Brasil em cidades como Curitiba, Campinas, São Paulo, Campo Grande, Recife, Brasília, Manaus, São José dos Campos, entre outras.

Estes três tipos básicos de veículos se encontram no mercado com número de eixos, dimensões, tipos de carroceria, chassis e propulsão diversos. A escolha do tipo de ônibus para uma determinada rota deve ser baseada em características locais como as do relevo, a largura da via e a demanda a ser atendida, com o intuito de facilitar manobras, reduzir custos operacionais e aumentar o conforto da viagem, fatores estes que contribuem para a confiabilidade do serviço.

2.3.3 LEGISLAÇÃO REFERENTE AO TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS

A Constituição brasileira de 1988 declara que é de competência dos municípios organizar e prestar os serviços públicos de transporte coletivo. Porém, esta função pode ser delegada às empresas privadas sob o regime de concessão, permissão e autorização da prestação de serviços públicos, conforme consta na Lei nº 8.987 de 1995. De acordo com esta lei a delegação de responsabilidades ocorre por:

1. Concessão: delegação de sua prestação feita pelo poder concedente mediante licitação, na modalidade de concorrência, à pessoa jurídica ou consórcio de empresas que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e por prazo determinado;

2. Permissão de serviço público: delegação, a título transitório, mediante licitação, da prestação de serviços públicos, feita pelo poder concedente à pessoa física ou jurídica que demonstre capacidade para seu desempenho, por sua conta e risco e

3. Autorização: também a título transitório, é serviço de utilidade pública, cuja execução o Poder Público atribui a particular. Sua utilização se dá para atender a situações de emergência, e deve caducar ou ser revogada tão logo a situação se normalizar. Não requer licitação. (LEITE, 2002).

Esta lei ainda dita que toda concessão, permissão ou autorização pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, conforme estabelecido nas normas pertinentes e no respectivo contrato. Entende-se como sendo adequado o serviço que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas.

A seguir são apresentadas leis e normas que estabelecem regras para a adequação deste serviço.

2.3.3.1 LEGISLAÇÃO RELACIONADA AO SERVIÇO PRESTADO - VEÍCULOS E EDIFICAÇÕES

Como apresentado no subitem 2.3.2 deste trabalho, existem diversos modelos de ônibus no Brasil que são regulamentados pela resolução nº 1 de 1993 do CONMETRO (Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Esta resolução, com objetivo de padronizar os diversos tipos de carrocerias, classifica os ônibus urbanos em dois tipos - Tipo I e Tipo II - que devem ser empregados segundo o nível de serviço, considerando-se as características operacionais das linhas onde serão utilizados. O Tipo I, por suas características construtivas, é mais adequado para operar nas regiões periféricas ou como alimentador e/ou distribuidor do sistema de transporte enquanto que o Tipo II se caracteriza por ser um veículo apropriado para operar em vias, corredores ou áreas exclusivas.

O Regulamento Técnico do CONMETRO abrange características da carroçaria, das escadas e degraus, da ventilação interna, da porta de serviço, da saída de emergência, dos bancos de passageiros, das poltronas do motorista e do cobrador, da área para passageiros em pé, das janelas, da campainha por botão e cordão, dos

balaústres, corrimãos e colunas, dos apoios para embarque e desembarque, da iluminação interna, da catraca e da caixa de vista. Algumas destas características estão apresentadas na TAB 2.9.

TAB. 2.9 Diferenças nas carrocerias dos ônibus Tipo I e Tipo II.

Características variantes	Tipo I	Tipo II
Altura do piso da região das portas até o nível do solo, máxima (m)	1,05	0,92
Altura do primeiro degrau da escada, máxima (m)	0,45	0,37
Altura dos patamares dos demais degraus, máxima (m)	0,300	0,275
Largura das portas de serviço (m)	0,70	1,10
Profundidade do degrau (m)	0,27	0,30
Sistema de ventilação mecânica	Não	Sim

Fonte: CONMETRO (1993).

No Código de Trânsito brasileiro instituído pela Lei nº 9.503 de 1997, propõem-se medidas destinadas a assegurar que o trânsito, por ser um direito de todos, apresente condições seguras. Para tanto, são estipuladas normas de circulação e conduta para usuários das vias terrestres (pedestres) e para o condutor, bem como torna obrigatório o licenciamento dos veículos. São responsáveis pela garantia deste direito os órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito (SNT) que têm como prioridade em suas ações a defesa da vida, nela incluídas a preservação da saúde e do meio-ambiente.

Cabe ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) coordenar os órgãos do SNT, estabelecer as diretrizes da Política Nacional de Trânsito e estipular normas a respeito de assuntos como:

- aprovação, complementação ou alteração dos dispositivos de sinalização e equipamentos de trânsito;
- uso, localização, instalação e operação de aparelho, de equipamento ou de qualquer outro meio tecnológico para auxiliar na gestão do trânsito;
- uso dos equipamentos obrigatórios para a frota de veículos em circulação e determinação de suas especificações técnicas e
- requisitos de segurança para veículos de transporte coletivo de passageiros - ônibus e microônibus - de fabricação nacional e estrangeira.

Na TAB 2.10 é apresentada uma lista de resoluções do CONTRAN aplicáveis aos veículos de transporte coletivo de passageiros por ônibus e microônibus.

TAB. 2.10 Resoluções aplicáveis aos veículos de transporte coletivo de passageiros.

Título	Resolução do CONTRAN
Cintos de segurança	48/88 e 720/88
Equipamentos obrigatórios	14/98
Espelhos retrovisores	636/84, item 7 e 680/87
Extintor de incêndio	560/80 e 743/89
Freio de serviço, emergência e estacionamento	777/93
Indicação de tara, lotação e peso do veículo	49/98 e 572/81
Localização, identificação e iluminação dos controles	486/74 e 636/84
Número de identificação dos veículos	24/98
Películas em áreas envidraçadas	747/90
Placas de identificação dos veículos	754/91 e 755/91
Pneus e aros	558/80
Registrador de velocidade e tempo	87/99
Requisitos de segurança	811/96
Sistema de iluminação e de sinalização de veículos	692/88 e 680/87
Triângulo de segurança	388/68 e 604/82
Vidros de segurança dos veículos	784/94

Além dos equipamentos de segurança listados na TAB 2.10, também são necessários equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais ou com mobilidade reduzida pois as Leis nº 10.048 e nº 10.098, ambas do ano de 2000, exigem que seja oferecido atendimento prioritário e que haja promoção de acessibilidade a essas pessoas. Esta legislação especifica atendimento especial às pessoas portadoras de deficiência física, aos idosos com idade igual ou superior a sessenta e cinco anos, as gestantes, as lactantes e as pessoas acompanhadas por crianças de colo.

A Lei nº 10.048 dá prioridade de atendimento às pessoas com mobilidade reduzida em repartições públicas, empresas concessionárias de serviços públicos e veículos de transporte coletivo. O dever das empresas públicas de transporte e das concessionárias de transporte coletivo é reservar assentos devidamente identificados para as pessoas acima citadas e proceder às adaptações necessárias ao acesso facilitado das mesmas. Segundo seu Art. 5º a infração ao disposto nesta Lei sujeitará os responsáveis, no caso de empresas concessionárias de serviço público, a multas entre R\$ 500,00 e R\$ 2.500,00 por veículo sem as condições

impostas. A Lei em questão estabelece prazos para adaptação da frota existente de acordo com as características exigidas.

A Lei nº 10.098 estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação.

2.3.3.2 NORMAS BRASILEIRAS (ABNT)

A NBR 12.486 de 1992 fixa os padrões de comunicação visual, interna e externa, a serem utilizados em ônibus urbanos de transporte coletivo regular, de modo a prestar aos usuários informações sobre o deslocamento de origem para o seu destino.

A norma técnica NBR 14.022 de 1997 trata da acessibilidade de pessoa portadora de deficiência em ônibus e trólebus, para atendimento urbano e intermunicipal. Esta norma preconiza a existência de no mínimo quatro assentos preferencialmente reservados para pessoas com mobilidade reduzida, posicionados em ambas as laterais do veículo e localizados próximos ao motorista e junto à circulação e piso com propriedade antiderrapante. Também deve haver espaço para duas cadeiras de rodas com área mínima de 1,20 m de comprimento por 0,80 m de largura, complementado por uma área livre para manobra no embarque e desembarque. A área reservada para as cadeiras de roda deve possuir dispositivo para fixá-las, possibilitando a imobilização da cadeira mesmo em condições de aceleração e frenagem bruscas do veículo, bem como um cinto de segurança adaptado à posição da cadeira com relação ao ônibus. Deve haver corrimão com acabamento em material resiliente instalado em toda a extensão da lateral do espaço reservado, com altura entre 0,7 m e 0,9 m do piso do veículo.

Para facilitar a transposição da cadeira de rodas às áreas de embarque admite-se um desnível e vão máximos de 2 e de 3 cm respectivamente. Também deve-se

adequar o veículo com equipamentos devidamente sinalizados e com características refletivas para seu uso noturno.

A NBR 9.050 de 2004 estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quando do projeto, construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos às condições de acessibilidade. Os padrões impostos nesta norma devem ser aplicados em todas as estruturas que fazem parte do transporte coletivo, como nos abrigos, em pontos de embarque e desembarque, nos veículos e nos terminais.

Segundo esta Norma, as **Informações Visuais** devem seguir premissas de textura, dimensionamento e contraste de cor dos textos e das figuras para que sejam perceptíveis por pessoas com visão reduzida, podendo estar associadas aos caracteres em relevo. As informações em Braille devem estar posicionadas abaixo dos caracteres ou figuras em relevo.

As **Mensagens Sonoras** devem ser precedidas de um prefixo ou de um ruído característico para chamar a atenção do ouvinte. Os alarmes sonoros, bem como os alarmes vibratórios, devem estar associados e sincronizados aos alarmes visuais intermitentes, de maneira a alertar as pessoas com deficiência visual e as pessoas com deficiência auditiva. Recomenda-se adotar alarmes sonoros em ambientes internos com valores entre 35 dBA e 40 dBA e em ambientes externos, valores entre 60 dBA a 80 dBA.

A **Sinalização Tátil** no piso pode ser do tipo de **Alerta ou Direcional**. Ambas devem ter cor contrastante com a do piso adjacente, e podem ser sobrepostas ou integradas ao piso existente, atendendo às seguintes condições:

- a) quando sobrepostas, o desnível entre a superfície do piso existente e a superfície do piso implantado deve ser chanfrada e não exceder 2 mm;
- b) quando integradas, não deve haver desnível.

Devem ser utilizados símbolos internacionais de acesso que consistem em pictogramas brancos sobre fundo azul ou em branco e preto, conforme FIG. 2.6 (a), (b) e (c).

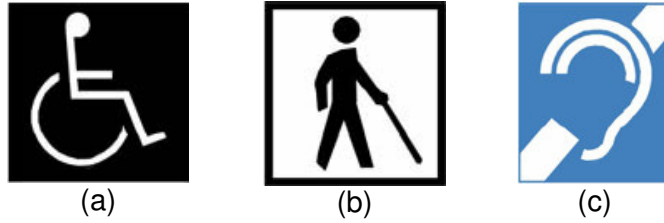


FIG. 2.6 Símbolo internacional de acesso (a), de pessoas com deficiência visual (b) e auditiva (c).

No próximo capítulo serão abordados os impactos ambientais causados pelo serviço de transporte público por ônibus, bem como a legislação ambiental envolvida.

3 O SISTEMA DE TRANSPORTE POR ÔNIBUS E O MEIO AMBIENTE

Neste capítulo são apresentadas as influências do sistema de transporte urbano no ambiente que o circunda e na qualidade de vida da população. Com este objetivo é exposta a legislação pertinente, os impactos associados a este serviço nos meios físico e antrópico, bem como suas causas, efeitos e medidas mitigadoras.

3.1 MEIO AMBIENTE E QUALIDADE DE VIDA

Considera-se Ambiente tudo o que envolve e condiciona o homem, constituindo o seu mundo, e dá suporte material para a sua vida biopsicossocial. Portanto o próprio homem faz parte do ambiente, assim como o ar, a atmosfera, o clima, o solo e o subsolo, as águas interiores e costeiras, superficiais e subterrâneas e o mar territorial, a paisagem, fauna, a flora e outros fatores condicionantes à salubridade física e social da população (BRASIL, 1982). Pode ser denominado Meio Ambiente o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981).

Embora se reconheça a interdependência dos diversos elementos constituintes do ambiente, sendo impossível uma separação real entre eles, tradicionalmente eles são divididos segundo os meios: físico, biótico (ou biológico) e antrópico (ou sócio-econômico). Segundo resolução do CONAMA nº 01 de 1986:

Meio Físico é constituído pelo subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

Meio Biótico e os Ecossistemas Naturais são constituídos pela fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

Meio Antrópico ou Sócio-Econômico é constituído pelo homem, suas necessidades e construções, incluindo o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura destes recursos.

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, em que direta ou indiretamente, afetam-se a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais, é considerado Impacto Ambiental CONAMA (1986).

Uma Alteração Ambiental pode ser decorrente de causas naturais ou conseqüência de atividades humanas. Efeito Ambiental é uma alteração induzida pelo homem e Impacto Ambiental corresponde à estimativa ou o julgamento do significado e do valor do efeito ambiental incidente nos meios físico, biótico e antrópico (DNIT, 2005).

O processo de desenvolvimento urbano desordenado a que se submeteram as cidades brasileiras nas últimas décadas, concomitantemente com a falta de um planejamento adequado, acarretaram sérios problemas de degradação ambiental com implicações na qualidade de vida das populações, em relação aos aspectos ecológico, sanitário, sócio-econômico e cultural. (CETESB, 2006).

O reconhecimento, por parte da população, da importância da qualidade de vida, resultado de crescentes preocupações com as questões ambientais, culminou em conferências em nível mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentado, como as realizadas em Estocolmo (Suécia) em 1972, no Rio de Janeiro (Brasil) em 1992, em Kyoto (Japão) em 1997, e em Johannesburgo (África do Sul) em 2002.

Diferentemente dos países desenvolvidos, que implantaram o processo de Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) em resposta a pressões sociais e ao avanço da consciência ambientalista, no Brasil ela foi adotada, principalmente, por exigência dos organismos multilaterais de financiamento (Banco Interamericano de Desenvolvimento-BID e Banco Mundial-BIRD). Em razão dessas exigências, alguns projetos desenvolvidos em fins da década de 70 e início dos anos 80 e financiados pelo BID e pelo BIRD foram submetidos a estudos ambientais segundo normas das

agências internacionais, já que o Brasil ainda não dispunha de normas ambientais próprias. (IBAMA, 1995).

Somente a partir da Lei nº 6.938, promulgada a 31 de agosto de 1981, passou a existir a Política Nacional do Meio Ambiente neste país. Esta política tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Um dos mecanismos para reduzir os impactos ambientais encontra-se em seu Art. 4º, que trata da imposição, ao poluidor, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Como instrumento da política brasileira do meio ambiente a AIA visa diagnosticar os efeitos negativos ecológicos, econômicos e sociais, que podem advir da implantação de atividades antrópicas. Outra importante ferramenta desta política é o licenciamento ambiental de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras: toda construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades que utilizam recursos ambientais, considerados poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental por órgão municipal, estadual ou quando couber, federal. São três os tipos possíveis de licenciamento: licença prévia, de instalação e de operação, estando sujeitas à renovação, tanto nos casos de expiração de sua validade, quanto nos de qualquer alteração das condições da concessão inicial e sempre que houver modificação do projeto.

Para obtenção do licenciamento ambiental os responsáveis pelo projeto devem apresentar ao organismo competente um Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado por equipe multidisciplinar habilitada, e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Este último deve refletir as conclusões do Estudo de Impacto Ambiental e ser apresentado de forma objetiva e adequada à sua compreensão.

Outros documentos técnicos que podem ser solicitados para o Licenciamento Ambiental de projetos são: Plano de Controle Ambiental – PCA, Relatório de Controle Ambiental – RCA e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD.

3.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADA AO STP POR ÔNIBUS

Na década de 70, em razão de exigências internacionais de organismos de financiamento, iniciou-se o desenvolvimento da política brasileira de meio ambiente. Seguiu-se a isso um processo de normatização para todas as atividades que impactam o meio ambiente, dentre elas o transporte público por ônibus. Neste item serão apresentadas as principais leis, resoluções e normas brasileiras referentes aos principais impactos advindos da operação desse serviço.

Dentre os regulamentos nacionais que relacionam meio ambiente e STP por ônibus podem se destacar a resolução CONAMA nº 18, de 1986, que institui em caráter nacional o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. Este programa tem como principal meta a redução da contaminação atmosférica das fontes móveis (veículos automotores), através da fixação dos limites máximos de emissão.

A redução é esperada, pois são estabelecidos limites de emissões de poluentes, o que ocasiona uma indução ao desenvolvimento tecnológico dos fabricantes e o estabelecimento de diretrizes gerais para programas de inspeção e manutenção de veículos em uso. Para homologação do protótipo, os fabricantes/importadores devem assegurar um baixo potencial poluidor aos veículos novos e uma baixa taxa de deterioração das emissões ao longo da sua vida útil, comprovada através da análise técnica das especificações de engenharia e resultados de ensaio. E para os veículos em uso a inspeção se dá na ocorrência do licenciamento anual de veículos nos DETRANs, segundo Código de Trânsito Brasileiro.

A resolução nº 01 do CONMETRO, de 1987 aprova o Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores: Emissões – PROVEM, com o objetivo de:

“Estabelecer os métodos de ensaio, medição, verificação e documentação complementares, necessários à certificação de conformidade dos veículos automotores comercializados no País quanto ao nível de emissões de gases e poluentes produzidos, de acordo com os padrões vigentes.”

A resolução CONAMA nº 05, de 1993, define procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de terminais rodoviários. Esta resolução responsabiliza os estabelecimentos pelo gerenciamento de seus resíduos sólidos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública. Para isso deve ser confeccionado um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos considerando princípios que conduzam à reciclagem, bem como a soluções integradas ou consorciadas, para os sistemas de tratamento e disposição final, de acordo com as diretrizes estabelecidas pelos órgãos de meio ambiente e de saúde competentes.

A Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993, dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores. Segundo ela, os fabricantes de motores e veículos automotores e os fabricantes de combustíveis ficam obrigados a tomar as providências necessárias para reduzir os níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no País, enquadrando-se aos limites fixados nesta lei e respeitando, ainda, os prazos nela estabelecidos.

A resolução CONAMA nº 7, de 1993, define padrões de emissão para o estabelecimento de programas de inspeção e manutenção de veículos em uso. Para avaliação do estado de manutenção dos veículos em circulação foram estabelecidos como padrões de emissão os limites máximos de: CO, HC, opacidade de fumaça preta e ruído para os veículos com motor do ciclo diesel.

A portaria nº 85 do IBAMA, de 17 de outubro de 1996, exige a adoção de programa interno de autofiscalização da correta manutenção da frota, quanto a emissão de fumaça preta, nas empresas transportadoras que possuem veículos movidos a diesel. Seu objetivo é a implantação de conceitos de gestão ambiental na administração e operação de frotas de ônibus urbanos. Para isso, suas metas são:

1. Controle da emissão de fumaça preta dos veículos em circulação para atendimento à Legislação Ambiental em vigor.
2. Redução do consumo de combustível.
3. Controle de óleos, graxas e outras substâncias de modo a evitar o seu lançamento na rede pública de esgoto e galeria de águas pluviais.
4. Educação ambiental dos funcionários das empresas.

A resolução do CONAMA nº 227 de 1997 reforça a implantação e a execução dos programas de inspeção e manutenção de veículos em uso.

A resolução do CONAMA nº 251 de 1999 estabelece procedimentos para medição e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento. Tais procedimentos devem ser utilizados em programas de inspeção e manutenção dos veículos automotores do ciclo Diesel.

A resolução do CONAMA nº 252 de 1999 estabelece, para os veículos rodoviários automotores, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso.

A resolução do CONAMA nº 357 de 2005 estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, devendo ser informado, no processo de licenciamento ao órgão ambiental, as substâncias que poderão estar contidas no seu efluente. E ainda, em seu Art. 29, reza que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não deverá causar poluição ou contaminação das águas. Dá diretrizes para o tratamento de efluentes de oficinas de manutenção de veículos.

A resolução do CONAMA nº 362 de 2005 estabelece diretrizes para o recolhimento e destinação de óleo lubrificante usado ou contaminado:

“Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos”.

3.3 A INFLUÊNCIA DO TRANSPORTE URBANO NO MEIO AMBIENTE

Para contribuir com a manutenção da qualidade de vida, os sistemas de transporte público devem promover mobilidade e acessibilidade, acompanhando os avanços tecnológicos. O nível de mobilidade da população pode ser avaliado segundo a possibilidade de deslocamentos proporcionados pela infra-estrutura de transporte existente. A acessibilidade está associada à facilidade de chegar ao local

de embarque no transporte coletivo, e de sair do local de desembarque até alcançar o destino final da viagem (Ferraz e Torres, 2004). Os parâmetros que influenciam a acessibilidade são: a configuração do itinerário, a frequência, a confiabilidade, o número de transbordos, a capacidade do veículo, a lotação do veículo e a tarifa cobrada (Mouette, 1993).

Segundo Ferraz e Torres (2004), podem ser citados como benefícios dos projetos de transporte público (que têm como objetivo promover mobilidade e acessibilidade aos usuários): redução do tempo de viagem, redução dos congestionamentos, melhoria da comodidade (conforto) dos usuários, aumento da segurança, diminuição da poluição ambiental, indução a ocupação e ao uso racional do solo. (Ferraz e Torres, 2004).

Paes (2006) cita a participação do poder público, dos operadores do sistema de transporte público, dos usuários e da população do entorno, como de importância fundamental para que os deslocamentos ocorram de forma ambientalmente sustentável. Os deslocamentos são influenciados por diversos fatores, sendo de vital importância:

- as características da via, como o estado de manutenção do pavimento e das faixas;
- as características da frota, como sua idade, tipo de combustível utilizado e a aplicação de programas de manutenção;
- a tecnologia utilizada, como o uso de equipamentos de segurança e a existência de facilidades para portadores de necessidades especiais;
- o serviço oferecido, onde são incluídos a frequência do mesmo, a adequação do veículo à rota, o tempo de viagem e a tarifa cobrada;
- as características dos pontos de parada, como a sua localização, adequação e identificação das linhas e
- as características das oficinas de manutenção, como localização, geração e destinação de resíduos líquidos e sólidos.

A realização de um projeto de transporte público inadequada responde por muitos dos impactos negativos causados por esse serviço. Dentre eles podem ser citados os impactos sobre o meio físico, como poluição atmosférica, sonora, visual, dos solos, das águas, depleção dos recursos naturais e vibrações; impactos sociais, como as desapropriações, modificações no uso e valor do solo, impactos na saúde e

na qualidade de vida (tanto dos usuários do serviço como dos não-usuários situados dentro de sua área de influência), congestionamentos, acidentes e barreiras na mobilidade.

A deficiência ou inadequação de componentes de um Sistema de Transporte provocam impactos no ambiente como os apresentados a seguir:

- Impactos causados por **Frota**: poluição atmosférica, ruídos e acidentes;
- Impactos causados pela **Linha**: congestionamentos e acidentes;
- Impactos causados pelos **Terminais**: perda de espaços verdes, poluição sonora e atmosférica;
- Impactos causados pelos **Pontos de parada**: acidentes, congestionamentos;
- Impactos causados pelos **Sistemas de controle**: acidentes;
- Impactos causados pelas **Oficinas**: poluição do solo, ar, água, acidentes e ruídos;
- Impactos causados pelos **Motoristas**: danos ao veículo, a via e aos passageiros e
- Impactos causados pelo **Ambiente**: acidentes, congestionamentos, danos ao veículo e à via.

Nos próximos itens deste trabalho são analisados os principais impactos ambientais, provocados pela operação do STP por ônibus, que influenciam negativamente o meio físico (ar, solo e água) e o meio antrópico, relacionando-os as suas causas.

3.3.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Poluição atmosférica é a acumulação de qualquer substância ou forma de energia no ar, em concentrações suficientes para produzir efeitos significativos na saúde do homem, nos animais, nas plantas ou em qualquer equipamento ou material (DNIT, 2006).

O nível de poluição do ar é medido pela quantificação das substâncias poluentes nele presente. Segundo Monteiro (1998), as substâncias usualmente consideradas poluentes do ar são: compostos de enxofre (SO₂, SO₃, H₂S, Sulfatos), compostos de

nitrogênio (NO, NO₂, NH₃, HNO₃, Nitratos), compostos orgânicos de carbono (hidrocarbonetos, HC ou HC's, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), compostos halogenados (HC₁, HF, cloretos, fluoretos) e material particulado – MP (mistura de compostos no estado sólido ou líquido).

Estes materiais podem ser poluentes primários, quando emitidos diretamente à atmosfera, ou secundários, quando formados através de reação química entre poluentes primários e constituintes naturais da atmosfera.

Nos veículos automotores ocorre a emissão de gases e partículas pelo tubo de escapamento de vapores, através do sistema de alimentação de combustível, pelo respiro do carter e pelo desgaste de pneus e freios. As emissões locais e regionais ocorrem principalmente no processo de combustão incompleta, no qual o combustível injetado no cilindro não encontra a quantidade necessária de ar para sua queima.

A emissão de gases pelo tubo de escapamento é proveniente das reações químicas associadas ao processo de combustão que ocorre no motor. A emissão de vapor pelos respiros, juntas e conexões do sistema de alimentação de combustível é denominada emissão evaporativa e depende basicamente da volatilidade do combustível e das condições ambientais. Os gases e vapores emitidos pelo respiro do carter são resultantes do vazamento de gases de combustão e frações de combustível não queimado pelos anéis de vedação dos pistões durante os períodos de compressão e explosão do motor. Além da que é gerada no processo de combustão, a emissão de material particulado também ocorre devido ao desgaste de pneus e pastilhas ou lona de freios. (FEEMA, 2006).

São descritos, a seguir, os principais poluentes associados às emissões provenientes da operação do transporte público, suas características, suas fontes e os danos que podem causar.

Dióxido de Enxofre (SO₂): é um gás incolor, com forte odor, não inflamável e não explosivo, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos; é precursor dos sulfatos, principais componentes das partículas inaláveis. Pode ser transformado em SO₃ (trióxido de enxofre), que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H₂SO₄ (ácido sulfúrico) que quando inalado, provoca

desconforto na respiração, agravamento de doenças respiratórias e de doenças cardiovasculares já existentes. (CETESB 2005).

Processos em que há queima de óleo, como é o caso de ônibus que utilizam diesel, emitem esta substância. Ela também causa chuva ácida, provocando danos à vegetação. Segundo Lima Júnior (1999) o ácido sulfúrico contribui para redução da visibilidade e para aumento de compostos de enxofre que aceleram a corrosão de metais, mármore, telhas e rochas.

Óxido de Nitrogênio (NO_x): é o termo geral que designa a soma de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), os dois componentes de nitrogênio mais emitidos em processos de combustão.

Dos óxidos de nitrogênio, o NO₂ que está presente em maior concentração na atmosfera, caracteriza-se como gás marrom avermelhado, com odor forte e irritante (CETESB, 2005). Esta substância se origina da combustão realizada por veículos automotores, em processos industriais, em usinas térmicas que utilizam óleo ou gás e em incinerações, e provoca aumento da sensibilidade à asma e à bronquite, diminuindo a resistência às infecções respiratórias. Colabora também na formação de chuva ácida, provocando danos à vegetação e à colheita. Causa corrosão na superfície dos metais, e participa na formação do *smog* fotoquímico.

Hidrocarbonetos (HC): são compostos orgânicos voláteis, resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e outros produtos voláteis. Provocam irritação nos olhos, nariz, pele e aparelho respiratório. Segundo Pelliza (2003) *apud* Kozerski (2004), diversos hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos; e segundo Lima Júnior (1999), causam problemas às plantas, inibindo o seu crescimento.

Monóxido de carbono (CO): é um gás incolor, inodoro e insípido, formado pela combustão incompleta dos compostos de carbono. Contribui para a poluição atmosférica e provoca prejuízo nos reflexos, na capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado, podendo causar interferências fisiológicas, patológicas e mortes. O CO é um gás que priva os tecidos do corpo humano do oxigênio de que eles necessitam. (Lima Júnior, 1999).

Dióxido de carbono (CO₂): trata-se de um gás inodoro, sendo uma de suas fontes os veículos automotores, principalmente nos centros urbanos.

O dióxido de carbono, em teores de até 5% é bem tolerado pelo corpo humano, produzindo apenas um aumento na frequência e na profundidade respiratória (Kozerski, 2004), porém contribui aproximadamente com 50% do aquecimento global (U.S.OTA, 1992 *apud* Monteiro, 1998).

Material particulado (MP): são partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem (Kozerski, 2004) e uma de suas fontes são os veículos motorizados. Estas substâncias causam efeitos negativos significativos em pessoas com doença pulmonar, asma e bronquite, além de provocar danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.

Segundo Mouette (1993) e Alves (2006), as emissões de poluentes pelo setor de transportes variam de acordo com fatores técnicos e operacionais. Como técnicos podem ser citados: idade do veículo, modelo e categoria veicular; tipo e composição do combustível utilizado; condições mecânicas dos veículos - regulagem e manutenção. E como fatores operacionais tem-se as características do sistema de tráfego, o modo de operação dos veículos e traçado da via. Estes fatores são descritos a seguir.

➤ **Características da frota: idade, modelo e categoria veicular**

Os veículos novos são menos poluidores devido ao desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística. Além disso, com o uso, o desgaste de peças e componentes afeta as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissão.

De acordo com o modelo do veículo e sua categoria, características como tamanho, peso e potência sofrem variações. Estas características interferem na quantidade emitida de poluentes, decorrente do maior ou do menor consumo de combustível. (Monteiro, 1998).

O excesso de carga no veículo também deve ser evitado. Uma sobrecarga de peso pode aumentar o consumo de combustível, além de possibilitar danos ao motor, aumentando a emissão de fumaça preta.

➤ **Características do motor, tipo e composição do combustível utilizado**

A quantidade de poluentes resultantes da combustão varia de acordo com as características do motor, além do tipo e composição do combustível utilizado.

Os motores veiculares a explosão podem ser o ciclo Otto, onde a combustão da mistura ar + combustível ocorre por centelhamento com gasolina, álcool e GNV, e o ciclo Diesel, de combustão por compressão. O tipo mais utilizado para transporte público de passageiros, nos municípios brasileiros, é o ciclo Diesel.

O diesel, no entanto, apresenta quantidades altas de determinados poluentes. Como as normas de emissões de poluentes atmosféricos estão cada vez mais restritivas, a indústria automotiva vem buscando combustíveis alternativos ao diesel, como o biodiesel e o gás natural. Estudo apresentado por Kozerski (2004) mostra que, para a mesma distância percorrida, o gás natural emite mais 11,2% de CO e mais CH₄ que o diesel, porém este emite 38,46% mais HC, 51,65% mais NO_x e 77,4% mais MP que o gás natural. Já o biodiesel, quando misturado na proporção de 20% ao diesel, faz com que sejam emitidos menos 5,9% CO, menos 22,39% HC, menos 5,6% MP e menos 30,6% fuligem que o emitido pelo mesmo volume de diesel puro.

Assim sendo, pode-se considerar que, do ponto de vista ambiental, tanto o gás natural quanto o biodiesel constituem alternativas melhores que o diesel. No entanto, o gás natural possui rendimento energético menor, com consumo de energia 41% maior que o diesel. A diferença entre o biodiesel e o diesel, com relação ao rendimento energético, não é significativa, de modo que o primeiro se torna o substituto mais adequado. Some-se a isso o fato de se tratar de um combustível renovável.

Mesmo assim, a queima de combustíveis alternativos ao diesel também emite poluentes atmosféricos, portanto o ideal é, além da adoção de medidas que permitam diversificar a matriz energética brasileira, o aprimoramento de veículos que não emitam poluentes, como os veículos movidos a energia elétrica ou a pilha a combustível.

➤ **Condições mecânicas dos veículos: regulagem e manutenção**

A regulagem e manutenção dos veículos mantêm um funcionamento eficiente do motor, evitando desperdícios de combustível e ajudando a que os níveis de emissão permaneçam dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

A qualidade da manutenção dos veículos, segundo Monteiro (1998), está ligada basicamente a quatro fatores:

Capacitação técnica suficiente para a execução das operações de manutenção preventiva e corretiva, de acordo com as recomendações dos fabricantes dos veículos;

Cuidados com os serviços principalmente no que se refere ao atendimento das especificações estabelecidas pelo fabricante;

Peças de reposição, que são um fator importante para o reparo ou substituição, permitindo que o motor opere adequadamente sem comprometer a dirigibilidade, o consumo e sua durabilidade; e

Hábitos de manutenção por parte dos proprietários dos veículos através das campanhas de incentivos de preços e condições de pagamento atraentes promovidas pelas montadoras.

➤ **Características do sistema de tráfego local e modo de operação dos veículos**

A emissão de poluentes gasosos é estreitamente dependente das condições de tráfego, cujas características podem variar consideravelmente de uma área para outra. Controle nas interseções, números de faixas de rolamento, tempos de semáforo, facilidades no estacionamento e na conversão são fatores relacionados ao sistema de tráfego local com conseqüências indiretas na emissão veicular (Monteiro, 1998).

O modo de operação em geral incorpora também algumas das variáveis características do sistema de tráfego local. No entanto, outras variáveis não consideradas anteriormente, como o desempenho, a velocidade aplicada, o comportamento e o estilo de dirigir de cada motorista podem provocar sensíveis diferenças tanto no consumo de combustível quanto na emissão de poluentes.

No regime de marcha lenta, o motor opera com uma mistura rica em combustível, ou seja, um excesso de combustível para a quantidade de ar aspirada

pelo motor, o que compromete a eficiência da combustão e provoca altas taxas de emissão de poluentes.

A largura e a inclinação da via também influem na emissão. A largura em relação à liberdade do fluxo, e a inclinação, que leva a um maior consumo de combustível nas subidas ocasionando uma maior emissão. (Monteiro, 1998)

3.3.2 POLUIÇÃO DO SOLO E DAS ÁGUAS

O solo é resultado da decomposição de rochas pela ação conjunta de agentes externos como chuva, vento, umidade, e enriquecido com matéria orgânica. A disposição sobre o solo de materiais orgânicos e inorgânicos, bem como a passagem sobre esse solo de massa fluida, que provoque alterações em sua constituição básica, modificando suas propriedades originais, inclusive influenciando a qualidade das águas sob esse solo, caracteriza sua poluição.

A poluição da água ocorre por adição de esgotos, despejos industriais ou outro material perigoso ou poluente, em concentrações que resultem em degradação mensurável de sua qualidade.

A principal fonte de contaminação do solo e da água pelo sistema de transporte por ônibus vem das oficinas de manutenção e das garagens. Nestes locais são efetuadas a lubrificação e a lavagem dos veículos, gerando resíduos sólidos e líquidos, cuja disposição final deve ser planejada e gerenciada para evitar contaminação.

3.3.3 RUÍDOS

Segundo o programa nacional de educação e controle da poluição sonora – Silêncio, CONAMA (1990), poluição sonora é o conjunto de todos os ruídos provenientes de uma ou mais fontes sonoras, manifestadas ao mesmo tempo num ambiente qualquer.

As principais fontes de ruído gerado pelo sistema de transporte em estudo são: funcionamento do motor; entrada de ar e escapamento; sistema de arrefecimento e ventilação; pneus em contato com o pavimento; atritos das rodas com os eixos; ruídos da transmissão; ruídos aerodinâmicos; buzinas; frenagens; ruídos da troca de marchas (reduções e acelerações) e fechamento de portas dos veículos.

Segundo o DNIT (2005) o ruído total produzido pelo tráfego e seus efeitos são afetados por um conjunto amplo de fatores, onde se destacam o fluxo do tráfego (volume, velocidade, composição, etc), as condições operacionais (livre, impedimentos que alteram a velocidade), e o ambiente local (presença de cortes, aterros, vias elevadas, características do pavimento, etc). O problema também é crítico na vizinhança das estações (terminais), nas quais o movimento de veículos e pessoas é grande.

A deterioração dos veículos com a idade, o ritmo de uso e o descuido com a manutenção, levam a um aumento gradual do nível de ruído produzido em relação aos níveis observados na saída da fábrica, considerando uma mesma velocidade.

As características do pavimento podem contribuir significativamente para a variação do nível de ruído, pois este é função também da textura da pista de rolamento. O efeito das rampas das estradas causa o aumento do ruído do tráfego quando é ascendente, mas, em contraposição, o ruído se reduz nas descendentes (DNIT, 2005).

Os principais efeitos negativos deste impacto sobre a saúde humana são: distúrbios do sono, estresse, perda da capacidade auditiva, surdez, dores de cabeça, alergias, distúrbios digestivos, falta de concentração e aumento do batimento cardíaco.

3.3.4 VIBRAÇÕES

O deslocamento de um veículo ao longo de uma via gera vibrações, que são transmitidas ao ar e ao solo, se propagando em todas as direções, à semelhança das ondas sísmicas (DNIT, 2005).

Estas vibrações são causadas pelas irregularidades do pavimento, que fazem com que os veículos se desloquem em pequenos saltos; pelo funcionamento dos veículos, os quais possuem uma vibração própria causada pelo funcionamento do motor; e pela movimentação normal do veículo, onde movimentos bruscos, tal como o fechamento de portas, geram ondas de pressão no ar.

As vibrações geradas pelo tráfego são consideradas de grande importância para os casos em que seus efeitos possam comprometer estruturas (casas, prédios, monumentos, etc) ou instalações que utilizam equipamentos de precisão (laboratórios, hospitais, etc).

Os principais efeitos negativos deste impacto sobre a saúde humana são a perda de equilíbrio, o estresse e dores de cabeça.

3.3.5 IMPACTOS NO MEIO ANTRÓPICO

Os impactos no meio antrópico são as alterações das relações do homem com o ambiente que o rodeia. Diversos são os aspectos do serviço de transporte por ônibus, ao longo das etapas que o caracterizam, que têm potencial de provocar tais alterações.

As etapas de uma viagem por meio deste serviço são, tipicamente: percurso a pé (da origem até o local de embarque no sistema), espera pelo veículo, locomoção utilizando o veículo e, por último, a caminhada do ponto de desembarque até o destino final. O serviço de transporte deve estar organizado de forma a garantir a rapidez, a segurança e o conforto dos usuários em cada uma destas etapas.

A inobservância da legislação e de boas práticas na operação do serviço podem levar à ocorrência de diversos impactos no meio antrópico, destacando-se entre estes os congestionamentos e os acidentes.

➤ **Congestionamentos**

Um congestionamento ocorre quando a quantidade de veículos presentes numa via é maior que a quantidade para a qual a mesma foi projetada para suportar.

Dentre os efeitos dos congestionamentos estão o comprometimento do acesso às várias partes da cidade, a redução na velocidade de circulação, o aumento do tempo de viagem, o aumento da possibilidade de ocorrência de acidentes e o aumento da poluição do ar e sonora.

O serviço de transporte por ônibus colabora com a formação de congestionamentos quando apresenta desconformidades em aspectos como adequação do veículo à rota, localização dos pontos de parada e frequência do serviço.

A adequação do veículo à rota é função de sua adaptação em maior ou menor grau às variadas características topográficas dos trechos da(s) cidade(s) que irá percorrer. O tipo de veículo a ser utilizado deve ser escolhido de acordo com as características da via, como presença de rampas acentuadas, lombadas, valetas, curvas fechadas e obras de arte como viadutos e pontes.

A localização dos pontos de parada é fundamental para a qualidade do serviço. Dessa definição depende a acessibilidade do sistema, pois o ponto de parada é onde o passageiro tem acesso ao ônibus ao longo da rota. Para evitar congestionamentos, os pontos de paradas não devem ser localizados em curvas, em rampas acentuadas, nem muito próximos a cruzamentos, vias de pedestres e ciclovias. Devem encontrar-se preferencialmente em **recuos**, evitando a parada do ônibus na via de circulação, e serem **sinalizados** de modo a impedir que os demais veículos bloqueiem o acesso do ônibus ao ponto.

➤ **Acidentes**

Os acidentes são eventos fortuitos que provocam danos a pessoas ou materiais. Eles podem ocorrer na forma de atropelamentos e choques do ônibus com outros veículos ou com estruturas. Podem ocorrer acidentes no sistema de transporte por ônibus quando a condução é agressiva, quando não são usados equipamentos de segurança ou quando a manutenção dos veículos é deficiente.

A condução agressiva consiste no ato de dirigir o veículo sem observar os preceitos de bom comportamento no trânsito e de respeito à integridade dos passageiros ou pedestres, com arrancadas abruptas, avanço de sinal, desrespeito à faixa de pedestres ou ultrapassagens em locais proibidos, desrespeito nos pontos de

parada, entre outros.

Dentre os equipamentos de segurança adaptados para ônibus urbanos podem ser citados: sistema eletrônico de portas, que não permite a movimentação do veículo se as mesmas estão abertas; sistema eletrônico de controle de velocidade (tacógrafo), equipamento de uso obrigatório nos veículos de transportes públicos para regular e verificar a velocidade e outros parâmetros e sistema eletrônico “anjo da guarda”, sistema que detecta irregularidades como por exemplo problemas com o sistema eletrônico de portas.

3.4 MEDIDAS MITIGADORAS

Medidas Mitigadoras são aquelas destinadas a diminuir os efeitos dos impactos negativos.

A redução da poluição atmosférica causada pelo Sistema de Transportes passa por diversas ações como, por exemplo, a redução das emissões de veículos automotores, a utilização de combustíveis de melhor qualidade e a adoção de alternativas energéticas de baixo potencial poluidor.

Para redução das emissões provenientes da queima de combustível podem ser feitas modificações tecnológicas, como modificações no escapamento e no motor do veículo, onde podem ser adicionados filtros para capturar partículas ou catalisadores que transformam alguns gases tóxicos em não tóxicos, e feita regulagem da taxa de compressão, diminuindo o consumo de combustível e, assim, a quantidade de poluentes gerados.

A adoção de sistemas de escapamentos verticais, embora não reduza a emissão de poluentes, permite a melhor dispersão na atmosfera, diminuindo a exposição de pedestres e motoristas às altas concentrações de poluentes.

A utilização de combustíveis de melhor qualidade requer a seleção criteriosa, por parte da empresa de transporte, de seus fornecedores de combustível. Deve haver fiscalização regular, de modo que sejam evitadas adulterações de combustível feitas por fornecedores ou por funcionários da própria empresa.

Outra opção para redução da poluição atmosférica é a adoção de alternativas energéticas de baixo potencial poluidor, como o uso de veículos movidos a biodiesel, GNV, álcool, energia elétrica ou pilha a combustível.

Programas de manutenção do veículo são imprescindíveis para o seu funcionamento pois evitam excessos no consumo de combustível e lubrificantes, e ainda reduzem ruídos e vibrações.

O envelhecimento da frota aumenta as emissões de poluentes atmosféricos, devido à dificuldade em manter a regulagem dos componentes ou mesmo a deterioração de alguns destes. Desta forma, configura-se como medida mitigadora a renovação periódica da frota.

Para reduzir a poluição do solo e da água originada pelos terminais e oficinas de manutenção é necessário reduzir as quantidades de produtos ali utilizados, bem como dar destinação correta ao resíduo gerado. A respeito do resíduo sólido, como baterias, estopas e embalagens, a medida a ser tomada é o seu encaminhamento para reciclagem. Já os resíduos líquidos, na forma de óleos lubrificantes, devem ser encaminhados para o chamado rerrefino, que segundo a resolução CONAMA nº 362 de 2005, é o processo tecnológico-industrial de reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado. Outra fonte de poluição são as águas contaminadas com óleos e graxas, advindas do processo de lavagem e lubrificação de veículos, que devem passar por tratamento antes de serem lançadas no sistema de coleta de efluentes. O tratamento pode ser feito com uma caixa de areia, conhecida como caixa separadora óleo água (Oil Water Separator - OWS), que tem como objetivo armazenar o óleo e drenar a água,

Para diminuir os congestionamentos os veículos que não estiverem adaptados à rota devem ser substituídos por outros modelos de veículos mais adequados, assim como deve ser feito o planejamento correto da localização dos pontos de parada ao longo da via.

Para diminuir o número de acidentes podem ser aplicados cursos de aperfeiçoamento profissional aos motoristas que recebem queixas dos usuários (como por exemplo condução mal feita, arrancadas de forma abruptas, pouco tempo de espera para subida e descida) e aos motoristas envolvidos em acidentes.

Neste capítulo foram apresentados os fatores que influenciam à sustentabilidade ambiental do sistema de transporte por ônibus. O problema consiste em saber quais

dos fatores devem ser mitigados prioritariamente, para promover a sustentabilidade ambiental deste serviço. No Capítulo a seguir será apresentada a metodologia usada para encontrar as prioridades deste sistema.

4 FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO STPU POR ÔNIBUS E SUA HIERARQUIZAÇÃO

No capítulo anterior foram mencionados os principais impactos ambientais causados pelo sistema de transporte por ônibus. Estes impactos reduzem a sustentabilidade ambiental do transporte por ônibus, ou seja, a capacidade que este serviço possui de utilizar o meio ambiente sem prejudicar a utilização deste pelas gerações futuras. Torna-se imperativo, então, buscar formas de minimizar a geração destes impactos.

É importante ressaltar que os impactos ambientais verificados no meio urbano (em especial a poluição atmosférica) não são causados exclusivamente pelo serviço de transporte por ônibus. São, na realidade, uma soma dos diversos efeitos produzidos por automóveis, fábricas e outras fontes. No entanto, sendo o ônibus o principal meio de transporte público disponível no meio urbano brasileiro, sua contribuição para esta soma é significativa. Desse modo, intervenções no sentido de melhorar sua sustentabilidade ambiental certamente trazem efeitos benéficos para toda a sociedade.

Com esta finalidade, são descritos os principais fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do transporte por ônibus, e como estes fatores são organizados para permitir uma melhor avaliação de sua importância. A partir disto é proposto um procedimento, baseado no método de análise hierárquica, para hierarquizar estes fatores, auxiliando na tomada de decisão sobre possíveis intervenções no serviço.

4.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO STPU POR ÔNIBUS

Os fatores que influenciam a sustentabilidade do sistema de transporte por ônibus se relacionam a aspectos como conforto, segurança, eficácia do serviço e pontos de parada. Por esta razão, podem ser agrupados segundo cada um destes.

Paes (2006) propõe uma organização semelhante, e denomina tais aspectos como indicadores, por reunirem informações mensuráveis obtidas a partir dos fatores mencionados anteriormente.

Para cumprir o objetivo de sua dissertação, qual seja, desenvolver um procedimento para avaliar a sustentabilidade ambiental de STPU por ônibus, Paes (2006) utilizou a estrutura apresentada na FIG. 4.1.

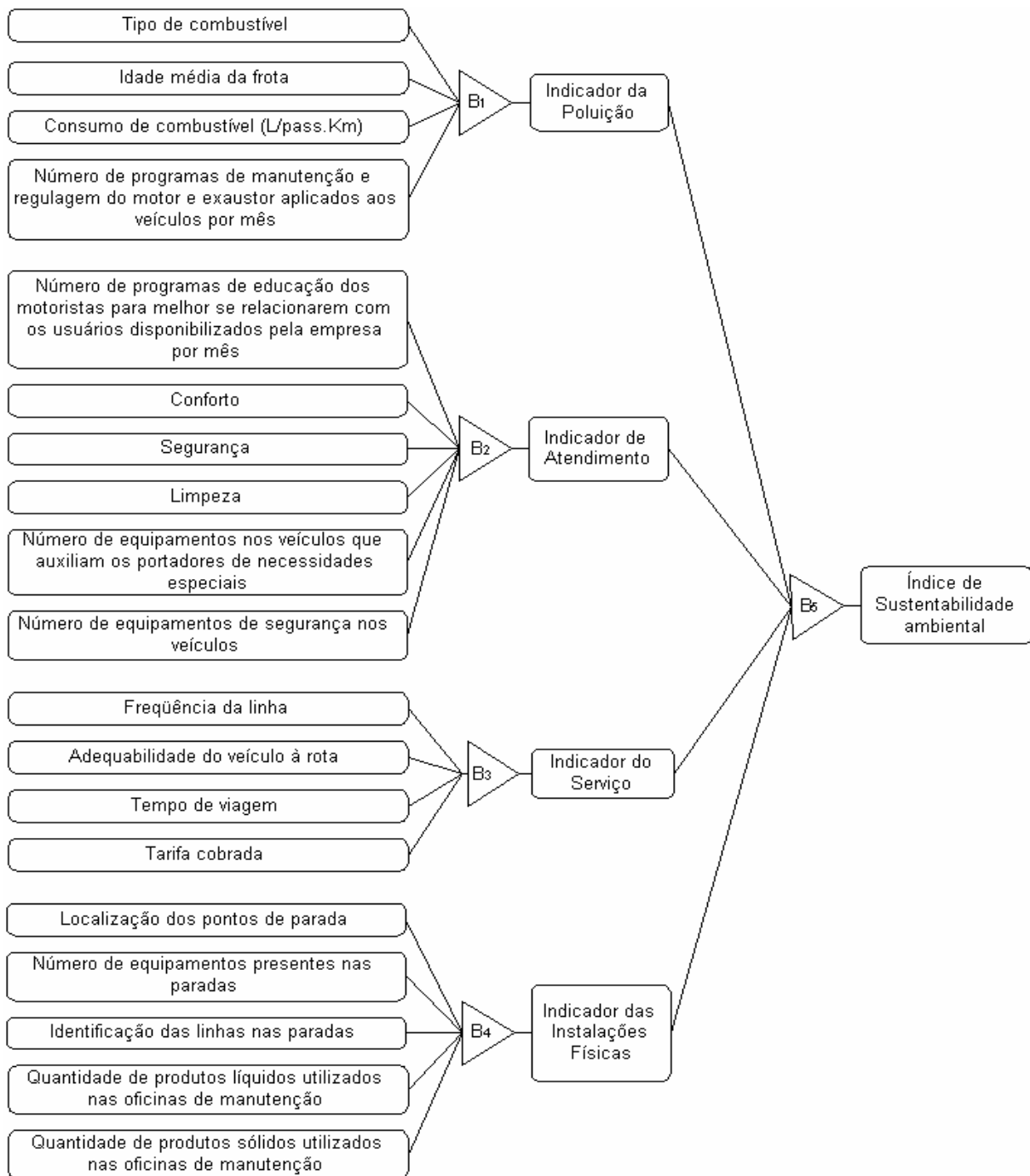


FIG. 4.1 Estrutura para encontrar o índice de sustentabilidade.

Fonte: Paes (2006).

A proposta do trabalho de Paes (2006) foi avaliar a sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus através de um índice. A mesma estrutura (com algumas modificações) serviu de base para obtenção das prioridades entre os fatores, o que constitui o objetivo desta dissertação.

Abaixo são detalhados estes fatores, no contexto dos indicadores que compõem, a fim de permitir o entendimento da estrutura.

Indicador de poluição é aquele que agrupa as poluições atmosférica, sonora, por vibrações e poluição dos solos e das águas que podem vir a afetar a qualidade do meio ambiente. Este indicador é representado pelos seguintes fatores: idade média da frota, consumo de combustível, número de programas de manutenção e regulagem do motor, quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção e quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção.

a. Idade média da frota

Com o uso as peças e os componentes dos veículos sofrem desgastes que afetam as características de eficiência do motor, provocando índices mais elevados de emissão de poluentes atmosféricos. Uma frota deteriorada também provoca mais ruídos e vibrações.

b. Consumo de combustível

Este fator é representado pelo consumo médio de combustível em litro por passageiro por quilômetro e sofre variações como o nível de consumo, com a regulagem do motor e do exaustor e com o tipo de condução afetando o nível de emissões de poluentes atmosféricos.

c. Número de programas de manutenção e regulagem do motor

A manutenção é o serviço que visa colocar a frota de veículos apta para a operação, podendo esta ser realizada em oficinas próprias ou de terceiros. A falta de manutenção do veículo influencia a qualidade do ar por aumentar o nível de emissão de gases do escapamento, já que os motores desregulados não permitem que o ar e o combustível sejam misturados de maneira correta. (PAES, 2006).

d. Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção

Esta produção pode influenciar negativamente a qualidade da água e do solo se não for cuidadosamente controlada. Derramamento de óleos provenientes dos motores dos veículos e produtos químicos utilizados na limpeza e manutenção dos mesmos, tais como óleo diesel, óleo lubrificante, líquido de refrigeração, óleo de freio, óleo hidráulico, óleo desengordurante, shampoo, limpa alumina, limpa vidros, afetam o solo e a água do local. (PAES, 2006).

e. Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção

Esta produção pode influenciar negativamente a qualidade do solo próximo aos terminais e oficinas de manutenção. A presença de restos de embalagens plásticas, graxas, borras decorrentes da limpeza e manutenção dos veículos afeta este componente ambiental.

Indicador de eficácia do serviço. Este indicador reflete a qualidade do serviço propriamente dito. Ele é afetado por fatores como a frequência dos veículos na linha, a adequação do veículo à rota, o tempo de viagem e a tarifa cobrada.

a. Frequência da linha.

É o número de veículos que passam por um determinado terminal ou ponto de parada em um dado período. Afeta diretamente o tempo de espera nos locais de parada, conseqüentemente afetando o tempo de deslocamento. Ferraz e Torres (2004), consideram um bom resultado se o intervalo entre atendimentos não exceder 15 minutos; regular quando estiver entre 15 e 30 minutos e ruim quando exceder 30 minutos.

b. Adequação do veículo a rota.

Diferentes veículos se adaptam em maior ou menor grau às variadas características topográficas das cidades. Para o transporte público urbano, a indústria nacional oferece ao mercado veículos com características diversificadas em termos de tamanhos, raios de curvatura, potências do motor, capacidade e combustíveis alternativos. Os principais modelos são: padron, articulado e microônibus que se adequam a diversas demandas. Os modelos dos veículos

devem ser escolhidos de acordo com as características da via, como rampas acentuadas, lombadas e valetas, pois podem interferir no desempenho, aumentando o custo de manutenção dos veículos. Desta forma, é importante selecionar, para cada configuração viária, o tipo de veículo que oferece melhor desempenho.

c. Tempo de viagem.

O tempo de viagem corresponde ao tempo gasto no interior dos veículos e depende da velocidade média de transporte e da distância percorrida entre os locais de embarque e desembarque.

A velocidade média de transporte por sua vez, depende do grau de separação do transporte público do tráfego em geral, das distâncias entre os locais de parada, das condições da superfície de rolamento, das condições do trânsito e do tipo de tecnologia dos veículos. A falta de pavimentação das vias, assim como a existência de buracos, lombadas e valetas, reduz a velocidade, aumentando o tempo de percurso, o que também acontece com o movimento compartilhado com o trânsito normal em condições de tráfego intenso. Velocidades maiores são conseguidas quando os coletivos utilizam vias preferenciais e transitam em faixas segregadas ou exclusivas.

A distância percorrida depende do traçado das linhas, quanto mais reta é a rota, menor a quantidade de conversões e maior é a velocidade. Velocidades maiores são conseguidas quando os coletivos utilizam vias preferenciais e transitam em faixas segregadas ou exclusivas. (FERRAZ e TORRES, 2004).

d. Tarifa cobrada.

A relação entre o custo por quilômetro percorrido e o índice de passageiros por quilômetro é uma referência na confecção da tarifa de todo sistema de transporte por ônibus, de modo que a empresa tem pouca gerência quanto a este aspecto. O usuário, por sua vez, busca formas de reduzir seus custos com a tarifa, de modo que as ações da empresa devem se concentrar na garantia dos descontos ou gratuidades previstas em lei, ou na solicitação ao Poder Público de subsídios ao preço da passagem, evitando a perda de usuários.

Indicador de eficácia do Conforto. Está relacionado à sensação de bem-estar dos usuários quando utilizam o serviço de transporte em estudo. A sensação de bem-estar é proporcionada por fatores como: limpeza, equipamentos que auxiliam portadores de necessidades especiais, presença de climatização, razão de passageiro/m² e tratamento dado ao usuário.

a. Limpeza.

A limpeza consiste em um fator para verificar a percepção dos usuários em relação ao nível de higiene encontrado no interior dos veículos. Depende não apenas da realização de faxina no interior dos veículos ou nos pontos de parada, mas também de medidas para evitar o descarte de lixo de forma inadequada nesses locais, como a instalação de lixeiras.

b. Equipamentos que auxiliam portadores de necessidades especiais.

A presença de facilidades para portadores de necessidades especiais é fator primordial na escolha do meio de transporte por estes. São considerados portadores de necessidades especiais, cegos, paraplégicos, idosos, gestantes e crianças que necessitam de facilidades como assentos especiais (altura, largura, profundidade, distância entre eles e largura e altura dos encostos), roleta (largura, altura e força necessária para girá-la), espaço para circulação interna (largura do corredor), apoios (altura dos apoios horizontais superiores), degraus (altura, largura, profundidade e altura da escada para a pista nas portas de entrada e saída), portas (larguras), visibilidade (altura das janelas e distância do piso às janelas), corrimãos (altura e distância entre eles), campainhas (altura dos botões e cordões) e balaústre (dimensões e design), deveriam ser implementadas para atendê-los. (PAES, 2006).

c. Presença de climatização.

O sistema de climatização é um item de conforto presente em diversos veículos de transporte público, e constitui um diferencial do serviço. O usuário tende a preferir, mantidas iguais as demais características, o meio de transporte que lhe proporcione mais conforto, de modo que é interessante (principalmente nas localidades de calor intenso) que a frota disponha desse recurso.

d. Razão de passageiros/m².

Este fator diz respeito à quantidade de passageiros no interior dos veículos. O ideal seria que todos os passageiros pudessem viajar sentados, porém desta forma o custo do transporte seria aumentado. A presença de usuários em pé, desde que não seja excessiva e a viagem seja curta, é aceitável. O problema surge quando a quantidade de passageiros em pé é elevada, devido ao desconforto decorrente da excessiva proximidade entre as pessoas e a limitação de movimento, que dificulta a operação de embarque e desembarque. A ocupação de passageiro por m² representa um parâmetro de qualidade onde 2,5 é considerado bom, entre 2,5 e 5 é considerado regular e acima de 5 ruim. (FERRAZ E TORRES, 2004).

e. Educação dos motoristas

Este fator corresponde ao atendimento oferecido ao usuário pelos motoristas e cobradores, bem como pelo tipo de condução do veículo. A condução do veículo deve ser feita com respeito aos pontos de parada, aos tempos para subida e descida de passageiros e à progressividade nas ações de arranque ou frenagem (evitando movimentos abruptos).

Aos motoristas envolvidos em acidentes e aos que recebem queixas dos usuários devem ser aplicados programas de aperfeiçoamento profissional para melhor se relacionarem com os usuários.

f. Equipamentos de segurança.

Como equipamentos de segurança adaptados para ônibus urbanos podem ser citados: sistema eletrônico de portas, que não permite a movimentação do veículo se as mesmas estão abertas; sistema eletrônico de controle de velocidade (tacógrafo), equipamento de uso obrigatório nos veículos de transportes públicos para regular e verificar a velocidade, dentre outros parâmetros e sistema eletrônico “anjo da guarda”, sistema que detecta irregularidades como por exemplo problema com o sistema eletrônico de portas.

Indicador de conveniência dos pontos de parada. Este indicador está relacionado com as fontes de acesso aos veículos ao longo da rota. Influenciam este

indicador fatores como sua localização, sua infra-estrutura e a identificação das linhas nas paradas.

a. Localização dos pontos de parada

Por razões de segurança e racionalidade, os pontos de paradas não devem ser localizados em curvas, rampas acentuadas, defronte de garagens, muito próximos a cruzamentos, vias de pedestres ou ciclovias, entre outros. Ainda estes pontos devem estar uniformemente distribuídos ao longo do itinerário de forma de equilibrar as caminhadas até os mesmos.

b. Condições físicas dos pontos de parada

Os pontos de parada para suprirem as necessidades dos usuários devem possuir facilidades como coberturas, rampas de acesso, presença de assentos, abrigos contra intempéries e iluminação.

c. Identificação das linhas nas paradas

Os pontos de ônibus devem incluir placas com os nomes e os números das linhas que lá param, horários e intervalos entre atendimentos. Em algumas cidades de países desenvolvidos, começam a ser empregados painéis digitais e alto-falantes que anunciam o tempo que falta para a chegada dos coletivos das diversas linhas.

A montagem completa da estrutura depende ainda da especificação dos critérios sob os quais os indicadores são analisados. Estes critérios correspondem aos diversos pontos de vista possíveis sobre o serviço de transporte por ônibus, que são o dos usuários, da empresa, do governo (na forma de fiscais) e da sociedade (na forma de usuários de outros tipos de veículo). Cada um destes atores tem um julgamento diferente sobre a importância de cada indicador no contexto da sustentabilidade do serviço.

O resumo destes fatores e indicadores se encontra na FIG. 4.2, sob a forma de estrutura em árvore.

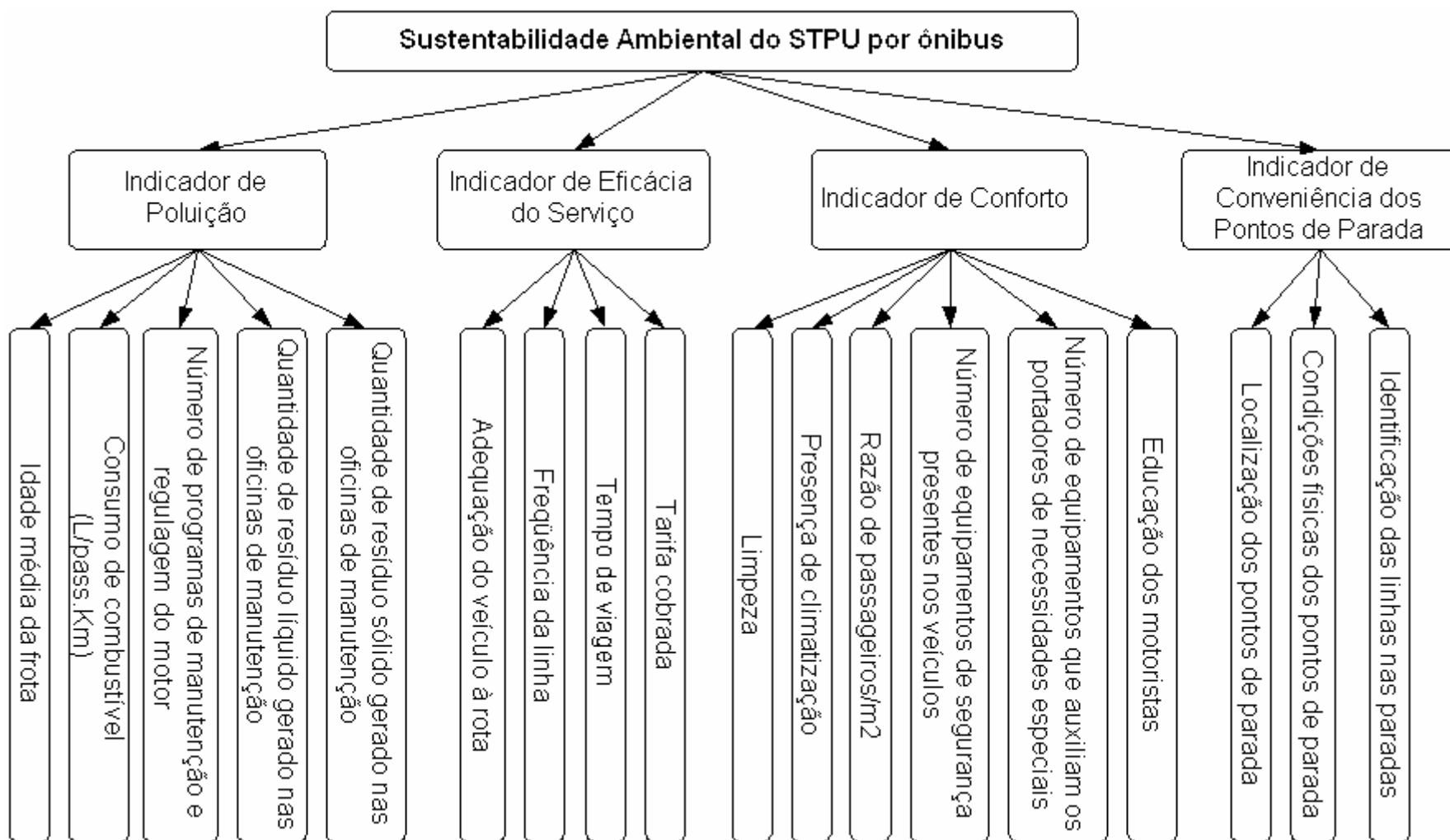


FIG. 4.2 Estruturação dos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus.

Para alcançar o objetivo deste trabalho, que é encontrar a ordem de prioridade dos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do STPU por ônibus, é necessária uma ferramenta que possibilite a comparação dos vários fatores sob vários pontos de vista.

Esta ferramenta é o Método de Análise Hierárquica (MAH), de auxílio à tomada de decisão que permite a avaliação de estruturas semelhantes à do problema em questão. Este método permite que os fatores que influenciam a decisão sejam comparados dois a dois pelos vários agentes considerados, que neste trabalho são: usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus.

4.2 A METODOLOGIA MULTICRITÉRIO

O tomador de decisões, quer esteja motivado pela necessidade de prever ou controlar, geralmente enfrenta um complexo sistema de componentes correlacionados, como recursos, resultados ou objetivos desejados, pessoas ou grupos de pessoas. (SAATY, 1990). Quanto melhor o decisor entender este sistema, melhor será sua previsão ou decisão.

Os Métodos Multicritério são utilizados em processos decisórios complexos, que envolvem diversos atores com percepções diferentes do problema. Com estes métodos, procura-se auxiliar na modelagem do contexto decisório, a partir da consideração das convicções e valores dos indivíduos envolvidos. Esta abordagem foi desenvolvida especialmente para problemas que incluem aspectos qualitativos e quantitativos, baseando-se no princípio de que para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas são tão valiosos quanto os dados utilizados.

Uma das principais e das mais atraentes características da metodologia de multicritério, é que a mesma reconhece a subjetividade como inerente aos problemas de decisão e utiliza julgamento de valor como forma de tratá-los cientificamente.

Na abordagem multicritério, procura-se atender a vários critérios simultaneamente. Critérios são regras que permitem comparar alternativas de acordo com um ponto de vista. É através destes pontos de vista que os atores participantes do processo decisório justificam, transformam e questionam suas preferências.

A execução da análise multicritérios é feita conforme as seguintes etapas:

a. Formulação do problema: saber sobre o que se quer decidir.

b. Elaboração de critérios: definição de um conjunto de critérios¹ que permita avaliar objetivos desejados e a possibilidade de atendimento com os recursos financeiros, tempo e conhecimentos disponíveis.

Para a construção de critérios, normalmente são utilizados elementos estruturais denominados parâmetros e indicadores. Hierarquicamente, os parâmetros, que são dados mais diretos e simples (geralmente dados cardinais), estariam na base da estrutura de construção. Em nível intermediário, se encontrariam os indicadores, representando conjuntos de dados de natureza diferente agregados em uma característica mais sintética (geralmente informações ordinais), seguidos em um nível superior pelos critérios (BOAS, 2005).

c. Determinação dos pesos: os pesos traduzem numericamente a importância relativa de cada critério. A ponderação de critérios pode ser realizada através de várias técnicas como: notação, distribuição de pesos, taxa de substituição, regressão múltipla, jogos de cartas, etc.

d. Síntese das prioridades: consiste em associar, após ponderação de critérios e segundo um modelo matemático definido, a avaliação dos diferentes critérios.

A análise multicritério pode ser aplicada nos mais variados tipos de problema, desde que exista a necessidade de avaliação segundo diversos pontos de vista. São muitos os métodos multicritérios encontrados na literatura. A seguir são apresentados os tipos de métodos de análise multicritério.

¹ Os valores dos critérios podem ser expressos em escalas ordinais e cardinais. A escala ordinal é caracterizada por permitir apenas a aplicação das relações: maior que (>), menor que (<) ou igual a (=) sobre seus valores. A escala cardinal é caracterizada por permitir a aplicação das quatro operações aritméticas básicas (+, -, ×, ÷) sobre seus valores (Soares (2003) *apud* Boas (2005)).

Segundo Boas (2005) e Schmidt (1995) os métodos multicritérios podem ser classificados como:

➤ **Métodos interativos ou de programação matemática multiobjetiva**

Correspondem aos chamados métodos contínuos, onde as alternativas são infinitas e desconhecidas e se baseiam no modelo de otimização multicriterial. Utilizam uma função objetivo sujeita a um conjunto de restrições. Incluem-se nesta classificação os métodos baseados na programação matemática. (Moreira, 2000).

Eles alternam passos computacionais e diálogo com os tomadores de decisão: o primeiro passo computacional provê uma primeira solução que é apresentada aos tomadores de decisão, que reagem dando informações extras sobre suas preferências, permitindo a construção de uma nova solução.

➤ **Métodos de subordinação e síntese ou *outranking***

Introduzidos pela Escola Francesa, caracterizam-se por serem métodos discretos onde o número de alternativas é finito e explicitamente conhecido. Modelam as preferências através da construção de uma relação binária (comparação dois a dois). O princípio é expresso pelo axioma de comparabilidade parcial, segundo o qual três situações fundamentais de preferência podem ser encontradas: incomparabilidade (R), preferência estrita (P) e indiferença (I).

No método *outranking* comparam-se os argumentos prós e contras à hipótese de que a ação "a" é no mínimo tão boa quanto a ação "b". Isso equivale dizer que a é "não pior que" b. Esta relação não precisa atender ao princípio da transitividade.

➤ **Métodos de agregação a um critério único de síntese**

Introduzidos pela Escola Norte Americana, caracterizam-se por serem métodos discretos onde o número de alternativas é finito e explicitamente conhecido. Estes métodos assumem que as preferências dos decisores podem ser representadas por uma função de utilidade ou de valor. Estas devem ser avaliadas pelo analista através do uso de modelos aditivos, multiplicativos ou outros. Esses métodos também representam preferências por meio de comparações dois a dois, porém adotam o princípio da transitividade (Se A é preferível a B e B é preferível a C, então, A é preferível a C) e não admitem situações de incomparabilidade. Consideram, em geral, as situações de preferência e indiferença, o que permite obter ordenamentos totais.

Um método que tem sido muito utilizado na determinação de prioridades e que atende às características desta classificação é o Método de Análise Hierárquica, a ser utilizado no presente trabalho. Este método é apresentado a seguir.

4.3 MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O AHP, *Analytic Hierarchy Process* ou MAH, Método de Análise Hierárquica, foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 como uma técnica de análise de decisão e planejamento que considera múltiplos critérios. É muito utilizado em diversas áreas para tomada de decisão quando da alocação de recursos escassos para resolução de conflitos.

Suas características apóiam-se na maneira segundo a qual a mente humana estrutura um problema complexo com grande número de elementos, agregando-os em grupos segundo propriedades comuns. Isto é, quando o ser humano identifica alguma coisa, decompõe a complexidade encontrada e quando descobre relações, sintetiza. (Schmidt, 1995).

O MAH permite o estudo de sistemas decompondo-os em vários níveis, de modo que seja possível estudar as interações funcionais de seus componentes (Mouette, 1993). O método consiste em três etapas. Na primeira estrutura-se o problema, na segunda avaliam-se os elementos da estrutura apresentada e na terceira realiza-se a hierarquização dos fatores analisados.

4.3.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta etapa de aplicação do MAH deve-se representar o objetivo a ser alcançado e os critérios que influenciam este objetivo. Para análise de uma estrutura complexa, com grande número de entidades e inter-relações múltiplas, é conveniente a divisão em subsistemas mais simples de forma a facilitar a compreensão e manuseio dos componentes.

Para isso, são formados agrupamentos dos elementos com características comuns em vários níveis, descrevendo como as mudanças nos níveis mais altos afetam os níveis mais baixos.

A elaboração do problema em forma de estrutura de árvore para tomada de decisão requer experiência e conhecimento do mesmo. Um problema apresenta estrutura de árvore quando é composto pelos seguintes itens:

Níveis: são agrupamentos de elementos referentes a uma mesma característica;

Nós: são elementos pertencentes aos diversos níveis e que representam atores, critérios, fatores, objetivos e alternativas.

Arcos: são ligações que indicam as relações dos elementos de um nível com os de níveis superiores e inferiores.

Na FIG 4.3 mostra-se a estrutura de árvore correspondente ao problema tratado, onde são *nós*, por exemplo, o “Indicador da Poluição” e a “Idade média da frota”; estes se relaciona por um *arco* representado por uma seta; o “Indicador da Poluição” pertence ao *nível* dos indicadores enquanto que a “Idade média da frota” ao *nível* dos fatores. No 3º (último) nível encontram-se os fatores que influenciam o objetivo; no 2º nível, o agrupamento desses fatores em indicadores e, finalmente, no topo (1º nível) encontra-se o objetivo a ser alcançado.

Para que a análise seja bem sucedida a estrutura deve representar a realidade. Para efetuar-se uma boa modelagem, segundo Mouette (1993), deve-se:

➤ Levantar todos elementos e agrupá-los de acordo com as características comuns;

➤ Definir todos os níveis estruturais e

➤ Estabelecer as relações de causa e efeito entre os elementos de um nível em relação ao nível inferior.

Na estruturação do problema devem ser incluídos detalhes relevantes sem que seja perdida a sensibilidade para que, se necessário no desenrolar do processo, os elementos possam ser mudados. Tais mudanças eventuais devem levar em consideração o ambiente que cerca o problema, identificando as questões ou atributos que contribuam para a solução, assim como os participantes associados com o problema (SCHMIDT, 1995).

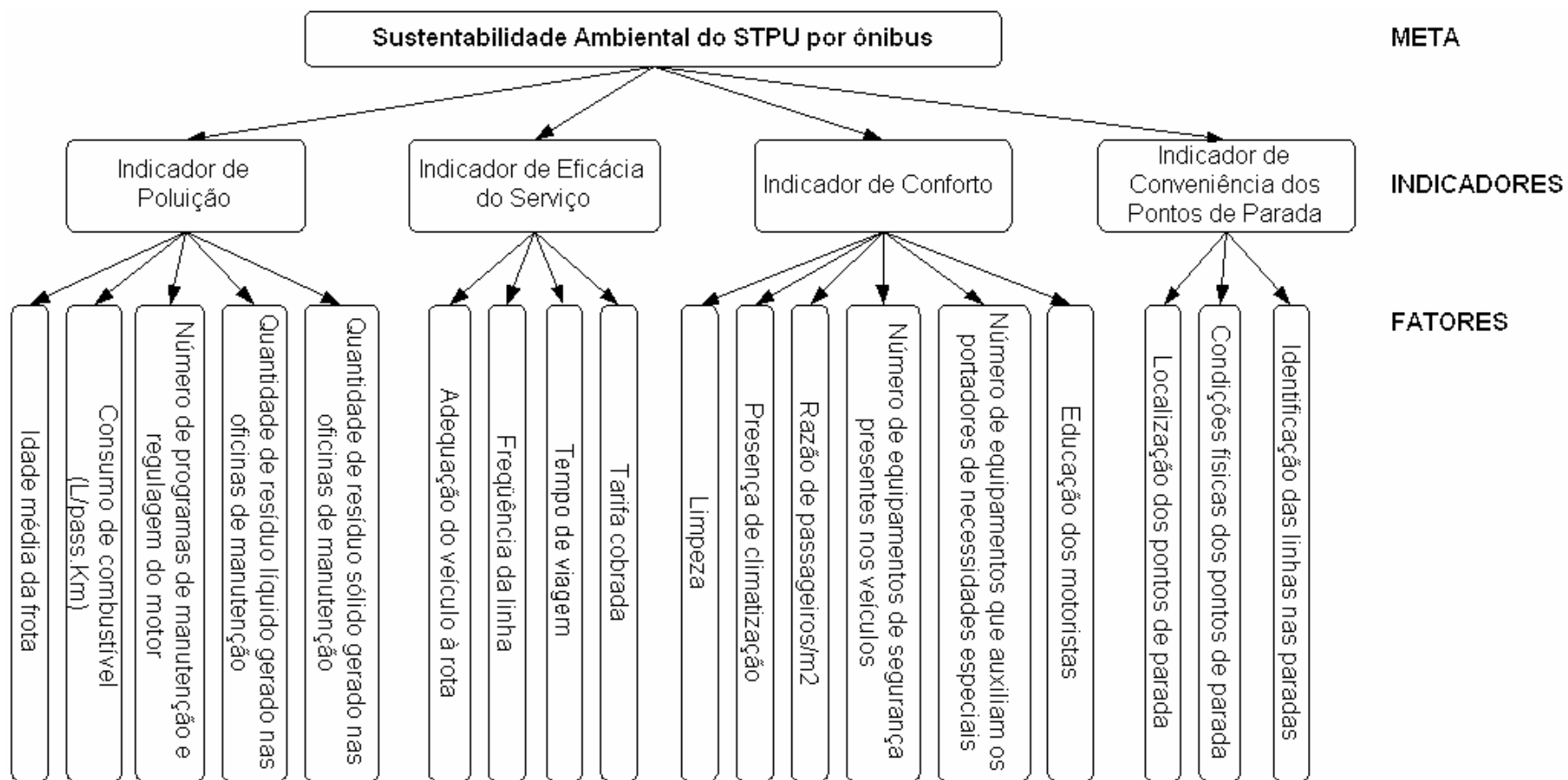


FIG. 4.3 Estrutura em árvore correspondente aos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental dos STPU por ônibus

Na estruturação do problema devem ser incluídos detalhes relevantes sem que seja perdida a sensibilidade para que, se necessário no desenrolar do processo, os elementos possam ser mudados. Tais mudanças eventuais devem levar em consideração o ambiente que cerca o problema, identificando as questões ou atributos que contribuam para a solução, assim como os participantes associados com o problema (SCHMIDT, 1995).

A estrutura é resultado da análise dos elementos mais importantes da situação e as suas relações. Sozinha, porém, não é um auxílio muito poderoso no processo de planejamento ou de tomada de decisão, pois não estabelece prioridades entre seus elementos (somente suas relações). Por isso, faz-se necessário um método para determinar a força com a qual os vários elementos influenciam outros, de forma que se possa calcular a força relativa dos impactos sobre o objetivo geral (SCHMIDT, 1995).

4.3.2 AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA

Depois de preparada a estrutura, são realizados os procedimentos para a avaliação de seus elementos. Isto é feito através da comparação entre os fatores, utilizando julgamentos realizados por avaliadores. Estes julgamentos são obtidos por meio de um questionário específico para comparação par a par dos fatores e indicadores envolvidos, de acordo com o ponto de vista (critério) do grupo ao qual o avaliador pertence (usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus) e de acordo com uma dada escala de valores.

Em seguida, consolidam-se os julgamentos dos avaliadores em matrizes, forma conveniente para facilitar comparações entre elementos por permitir a visualização dos dados, por expressar todas as combinações possíveis de pares de seus elementos e por possuir diversos artifícios matemáticos para seu tratamento, como será visto adiante.

A matriz de um indicador é formada pelos fatores (do nível inferior) interligados ao primeiro por um arco. Na TAB. 4.1 (a seguir) é apresentada uma matriz representativa de parte da estrutura mostrada na FIG 4.3.

TAB. 4.1 Exemplo de matriz de comparação paritária.

Indicador de conveniência dos pontos de parada	Localização dos pontos de parada	Condições físicas dos pontos de parada	Identificação das linhas de parada
Localização dos pontos de parada			
Condições físicas dos pontos de parada			
Identificação das linhas de parada			

Os fatores “Idade da frota” e “Consumo de combustível” serão julgados pela influência que exercem no “Indicador de poluição”. O preenchimento da matriz é feito de acordo com os julgamentos obtidos dos questionários. Ressalte-se que o mesmo procedimento deve ser feito para todos os elementos da estrutura.

No MAH o grau de influência é determinado por uma escala de julgamentos proposta por Saaty (1990). Esta escala de medida das comparações permite que os julgamentos entre os elementos sejam feitos em termos da importância, preferência ou probabilidade. Na TAB. 4.2. são apresentados os valores, em graus de intensidade, desta escala de julgamentos.

TAB. 4.2 Escala de Julgamento de Importância do MAH.

Intensidade	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Duas opções contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pouco maior	O julgamento favorece levemente uma opção
5	Importância maior	O julgamento favorece sensivelmente uma opção
7	Importância muito maior	O julgamento favorece muito uma opção; forte dominância
9	Importância absoluta	Mais alto grau de certeza sobre a prevalência da opção

Deste modo, preenchem-se todas as células acima da diagonal de cada matriz de julgamentos e as demais células são obtidas a partir destas, pois a comparação entre os elementos 1 e 2 é o inverso da comparação entre os elementos 2 e 1 (ou

seja: $a_{i,j} = 1/a_{j,i}$). A diagonal principal é sempre igual a 1 pois, neste caso, a comparação feita é de um elemento com ele mesmo.

Executa-se este procedimento para todos os fatores e indicadores da estrutura. A próxima etapa consiste na determinação das prioridades de cada elemento da estrutura.

4.3.3 HIERARQUIZAÇÃO DOS FATORES

Para encontrar as prioridades dos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do STPU por ônibus, utilizam-se as matrizes de julgamentos definidas na seção 4.3.2 de modo a obter os pesos relativos dos fatores e dos indicadores. De posse dos pesos relativos por participante da pesquisa, estes são consolidados por meio de sua média aritmética. Em seguida é feita a normalização dos mesmos com o intuito de torná-los comparáveis e, por fim, são determinados e ordenados os chamados pesos globais.

Saaty define pesos associados aos fatores e indicadores sob análise como os autovetores correspondentes ao maior autovalor das matrizes consistentes. Diz-se que uma matriz A é consistente se é válido o princípio da transitividade, ou seja, se o fator X é considerado mais importante que Y e Y mais importante que Z , então X deve ser mais importante que Z . Deve-se, portanto, dispor os julgamentos em matrizes como definido na seção 4.3.2, calcular os autovalores e os autovetores associados e em seguida verificar a consistência dessas matrizes. Os procedimentos para obtenção dos pesos relativos são detalhados nos itens a e b a seguir. No item c são descritos os procedimentos para consolidação e normalização dos pesos relativos e para a obtenção do ordenamento dos pesos globais.

a. Cálculo dos autovalores e autovetores associados

No caso de se trabalhar com matrizes consistentes, existem para cada elemento $a_{i,j}$ da matriz A valores w_i e w_j tais que:

$$a_{i,j} = \frac{w_i}{w_j} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Eq. (4.1)}$$

Ou seja:

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \dots & a_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & a_{n,n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

sendo:

$\frac{w_i}{w_j} \Rightarrow$ importância relativa dos elementos da linha de ordem i em relação aos

elementos da coluna de ordem j .

Assim, $a_{i,j} \times \frac{w_j}{w_i} = 1$, para i e $j = 1, 2, \dots, n$, então:

$$\sum_{j=1}^n a_{i,j} \times w_j \times \frac{1}{w_i} = n \quad i = 1, 2, \dots, n$$

ou:

$$\sum_{j=1}^n a_{i,j} \times w_j = n \times w_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

que na notação matricial é:

$$A w = n w \quad \text{Eq. (4.2)}$$

de onde se verifica que w é um autovetor de A , associado ao autovalor n .

Os autovalores de uma matriz A são escalares λ_i que satisfazem à denominada equação característica de A . Isto é, são os escalares solução de:

$$\det | A - \lambda_j I | = 0$$

com $\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$ e $n =$ ordem da matriz.

Quando se trabalha com matrizes consistentes, apenas um autovalor é diferente de zero e esse valor coincide com a ordem n da matriz. Se a matriz A não for consistente, existirão alguns valores diferentes de zero porém o maior autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$ é próximo de n , e os autovalores restantes próximos de zero.

Nestes casos, busca-se o autovetor w , tal que:

$$A w = \lambda_{m\acute{a}x} w \quad \text{Eq. (4.3)}$$

O autovetor a ser calculado, então, passa a ser aquele associado ao maior autovalor $\lambda_{m\acute{a}x}$ da matriz que, na maioria dos casos, será ligeiramente diferente de n .

O cálculo dos autovalores de uma matriz de ordem superior a dois é trabalhoso, por isso nesta etapa é importante o uso de ferramentas computacionais como o MatLab, o Expert Choice e o suplemento Matrix.xla para Microsoft Excel que facilitam esta tarefa.

b. Verificação da consistência dos julgamentos

Uma forma simples de verificar a consistência de uma matriz é verificar se:

$$a_{i,k} = a_{i,j} \times a_{j,k} \quad \forall i, j, k$$

Para matrizes não consistentes, define-se Índice de Consistência (IC) por:

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{(n - 1)}$$

onde n é a ordem da matriz.

Saaty (1991) criou o chamado Índice Randômico (IR), representados na TAB. 4.3, que corresponde ao IC médio de 500 matrizes de ordem n geradas aleatoriamente.

TAB. 4.3 Tabela de índice randômico.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.56	1.59

Fonte: Saaty (1991).

Para verificação da consistência dos julgamentos deve-se calcular a Razão de Consistência (RC) de uma matriz, dada por:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

e observar se $RC < 0,1$. Caso positivo a consistência é satisfatória, caso contrário os julgamentos devem ser revistos. Três modos se apresentam para esta revisão. O primeiro é a devolução do questionário aos analistas para uma nova discussão. O segundo é por meio da convergência à matriz consistente mais próxima, conforme é descrito a seguir:

1. Calcular a matriz das diferenças $[a_{ij} - w_i/w_j]$, considerando o vetor característico w associado ao $\lambda_{máx}$.
2. Escolher a linha da matriz A que contém as maiores diferenças:

$$\max_i \sum_{j=1}^n \left| a_{i,j} - \frac{w_i}{w_j} \right|$$

e substituir pelos elementos w_i/w_j .

3. Calcular o RC da nova matriz e repetir o procedimento (passos 1 e 2) até que RC seja menor que 0,1.

No terceiro modo, ao invés de substituir uma linha inteira, a mudança é feita apenas no elemento que produziu a maior diferença. Este modo, que foi o utilizado

no presente trabalho, pode ser realizado no software Expert Choice. Entretanto, segundo Saaty (1991), o uso excessivo de iterações para aumentar a consistência deve ser evitado, uma vez que pode resultar em uma resposta distorcida. Assim, quando possível, é preferível que melhores julgamentos sejam gerados naturalmente das experiências.

c. Consolidação e normalização dos pesos relativos e definição dos pesos globais

A consolidação das diversas opiniões é feita por meio da média de todos os pesos (calculados a partir dos julgamentos) no âmbito de um agente.

De posse dos pesos relativos normalizados deve-se determinar os pesos de cada fator com relação ao objetivo geral (peso global), resultando na desejada definição de prioridades.

Para a definição dos pesos globais, deve-se analisar o peso do fator em relação ao contexto ocupado pelo indicador que ele compõe. Os indicadores, por sua vez, possuem pesos próprios com relação aos critérios sob os quais eles são analisados. Desta forma, o peso global de um fator corresponde ao produto entre seu peso relativo e o peso relativo de seu indicador.

Uma vez calculados os pesos globais dos fatores, basta ordená-los do maior para o menor para obter a lista de prioridades.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA NO STPU POR ÔNIBUS

Neste capítulo é aplicado o MAH para encontrar as prioridades associadas aos fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental do sistema de transporte por ônibus. O ponto de partida é a estrutura mostrada na FIG 4.3 que agrega, nos indicadores de poluição, de conforto, de eficácia do serviço e de conveniência dos pontos de parada, fatores como: idade média da frota, frequência da linha, razão de passageiros/m² e localização dos pontos de parada.

5.1 QUESTIONÁRIO

Para avaliar estes fatores foi construído um questionário (Apêndice 1), que possibilitou a comparação deles no âmbito de seus respectivos indicadores, e dos indicadores com relação ao objetivo principal. Este questionário contém instruções para que a avaliação seja feita par a par com base na escala proposta por Saaty (1991), mencionada no Cap 4. O questionário utilizado nesta dissertação chegou a seu formato final após várias modificações sugeridas por especialistas em transporte (com relação ao agrupamento dos fatores, por exemplo) com o objetivo de sanar as dúvidas que surgiram em alguns avaliadores no início de sua aplicação.

5.2 AMOSTRAS

Inicialmente, havia aproximadamente 40 avaliadores. A seguir foram selecionadas amostras de avaliadores formando quatro grupos: usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, de empresas concessionárias e de órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus. Logo, o número esperado de avaliadores por grupo passou a ser 10, porém esse número foi reduzido em alguns

casos devido à dificuldade de retorno do questionário quando este apresentava matrizes inconsistentes.

O grupo dos usuários do STPU por ônibus é composto por dez (10) pessoas com idade entre 25 e 35 anos, em sua maioria estudantes, com terceiro grau completo e que usam ônibus diariamente.

O grupo dos usuários de automóveis é composto por dez (10) pessoas com idade entre 25 e 40 anos, em sua maioria funcionários públicos, com terceiro grau completo e que usam automóvel diariamente.

O grupo das empresas concessionárias é composto por oito (8) pessoas com idade entre 30 e 55 anos, com terceiro grau completo sendo todos funcionários da Empresa de Transportes Flores, com atuação nas áreas de gestão, qualidade e meio ambiente. Esta empresa possui sede no município de São João do Meriti no Estado do Rio de Janeiro. Outras empresas do setor foram procuradas, porém não se obteve resposta das mesmas em tempo hábil para sua inclusão na amostra.

O grupo dos representantes dos órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus é composto por cinco (5) pessoas com idade entre 30 e 50 anos e terceiro grau completo, sendo todos funcionários da Secretaria Municipal de Transportes do município do Rio de Janeiro, com atuação na área de fiscalização. Houve dificuldade em se encontrar avaliadores pertencentes a este grupo, pois estavam em processo de mudança de endereço comercial.

5.3 TRATAMENTO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Após a aplicação do questionário, as respostas foram dispostas em matrizes para se efetuarem os cálculos dos autovalores, dos autovetores, das razões de consistência, dos pesos relativos e dos pesos globais.

Na TAB 5.1 encontra-se um trecho de um dos questionários preenchidos, relativo ao indicador de conveniência dos pontos de parada, com as respostas de um avaliador do grupo “usuário do STPU por ônibus” e na TAB 5.2 a matriz originada desses julgamentos.

TAB. 5.1 Exemplo de aplicação do questionário sobre conveniência dos pontos de parada em um usuário do STPU por ônibus.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Localização dos pontos de parada	9 7 5 3 1 3 5 7 9		Condições físicas dos pontos de parada
Localização dos pontos de parada	9 9 5 3 1 3 5 7 9		Identificação das linhas nas paradas
Condições físicas dos pontos de parada	9 7 5 3 1 3 5 7 9		Identificação das linhas nas paradas

TAB. 5.2 Exemplo de uma matriz de julgamentos de um usuário do STPU por ônibus.

1	5	7
1/5	1	5
1/7	1/5	1

Procedeu-se em seguida o cálculo dos autovalores e de seu autovetor associado. Para o exemplo da matriz da TAB 5.2 os autovalores encontrados foram $\lambda_1 = -0,09 + 0,76i$; $\lambda_2 = -0,09 - 0,76i$ e $\lambda_3 = 3,18$. O autovetor associado ao autovalor real λ_3 é $w = (1 ; 0,306 ; 0,093)$.

A matriz da TAB. 5.2 possui RC = 0,17. Como a RC tolerada é de até 0,1, foi necessária a substituição do elemento $a_{2,3}$, cujo valor original é de 5, pelo valor 3 como recomendado pelo software Expert Choice.

Para a nova matriz, os autovalores encontrados foram $\lambda_1' = -0,03 + 0,44i$; $\lambda_2' = -0,03 - 0,44i$ e $\lambda_3' = 3,06$. O autovetor associado ao autovalor real λ_3' é $w' = (1 ; 0,258 ; 0,111)$. A RC passou a ser 0,06, tornando esta resposta consistente. Assim, os pesos a serem considerados, componentes do autovetor w' , fornecem a hierarquia parcial dos fatores mostrada na TAB. 5.3.

TAB. 5.3 Exemplo de hierarquização dos fatores dos pontos de parada

Ord	Fatores	Pesos
1	Localização dos pontos de parada	0,73
2	Condições físicas dos pontos de parada	0,19
3	Identificação das linhas nas paradas	0,08

Executando os mesmos procedimentos para todos os fatores com relação a seu indicador, e em seguida para os indicadores em relação ao objetivo (sustentabilidade ambiental), foi obtido o conjunto de pesos dos fatores e

indicadores segundo cada avaliador e para a amostra toma-se como peso a média dos pesos individuais.

Os pesos médios resultantes, para cada grupo, são os mostrados na TAB. 5.4 a seguir:

TAB. 5.4 Pesos relativos dos indicadores segundo: usuários do STPU por ônibus (A), usuários de automóveis (B), empresas concessionárias (C) e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus (D).

Indicadores	A	B	C	D
Indicador da poluição	0,097	0,313	0,229	0,081
Indicador de eficácia do serviço	0,444	0,118	0,338	0,407
Indicador do conforto	0,314	0,231	0,261	0,263
Indicador de conveniência dos pontos de parada	0,145	0,338	0,172	0,249

TAB. 5.5 Pesos relativos dos fatores segundo: usuários do STPU por ônibus (A), usuários de automóveis (B), empresas concessionárias (C) e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus (D).

Fatores	A	B	C	D
Idade da frota	0,282	0,120	0,177	0,139
Consumo médio de combustível (L/pass Km)	0,191	0,235	0,283	0,191
Número de programas de manutenção e regulagem do motor	0,262	0,333	0,376	0,419
Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	0,146	0,165	0,092	0,145
Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção	0,119	0,147	0,072	0,107
Adequação do veículo à rota	0,103	0,614	0,196	0,284
Frequência da linha	0,306	0,129	0,396	0,311
Tempo de viagem	0,357	0,122	0,224	0,256
Tarifa cobrada	0,235	0,135	0,185	0,150
Limpeza	0,103	0,105	0,132	0,154
Presença de climatização	0,154	0,041	0,060	0,111
Razão de passageiros/m ²	0,207	0,080	0,300	0,171
Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	0,206	0,246	0,092	0,208
Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	0,167	0,176	0,087	0,165
Educação dos motoristas	0,163	0,353	0,330	0,192
Localização dos pontos de parada	0,369	0,668	0,494	0,506
Condições físicas dos pontos de parada	0,374	0,225	0,300	0,354
Identificação das linhas nas paradas	0,257	0,107	0,206	0,140

5.4 RESULTADOS DA APLICAÇÃO: APRESENTAÇÃO E COMENTÁRIOS

A hierarquia dos fatores depende dos pesos globais dos mesmos (pesos em relação ao objetivo), que são obtidos pela combinação do peso de cada fator em relação ao seu indicador com o peso do indicador em relação ao objetivo. A ordenação dos pesos dos fatores de forma decrescente produz uma lista de prioridades por ponto de vista, observadas nas TAB 5.6 a TAB 5.9 e nas FIG 5.1 a FIG 5.4 a seguir.

TAB. 5.6 Hierarquia dos fatores segundo os usuários do STPU por ônibus.

Ord	Fator	Peso global
1	Tempo de viagem	0,159
2	Frequência da linha	0,136
3	Tarifa cobrada	0,104
4	Razão de passageiros/m ²	0,065
5	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	0,065
6	Condições físicas dos pontos de parada	0,054
7	Localização dos pontos de parada	0,054
8	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	0,052
9	Educação dos motoristas	0,051
10	Presença de climatização	0,048
11	Adequação do veículo à rota	0,046
12	Identificação das linhas nas paradas	0,037
13	Limpeza	0,032
14	Idade da frota	0,027
15	Número de programas de manutenção e regulagem do motor	0,025
16	Consumo médio de combustível (L/pass Km)	0,018
17	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	0,014
18	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção	0,012

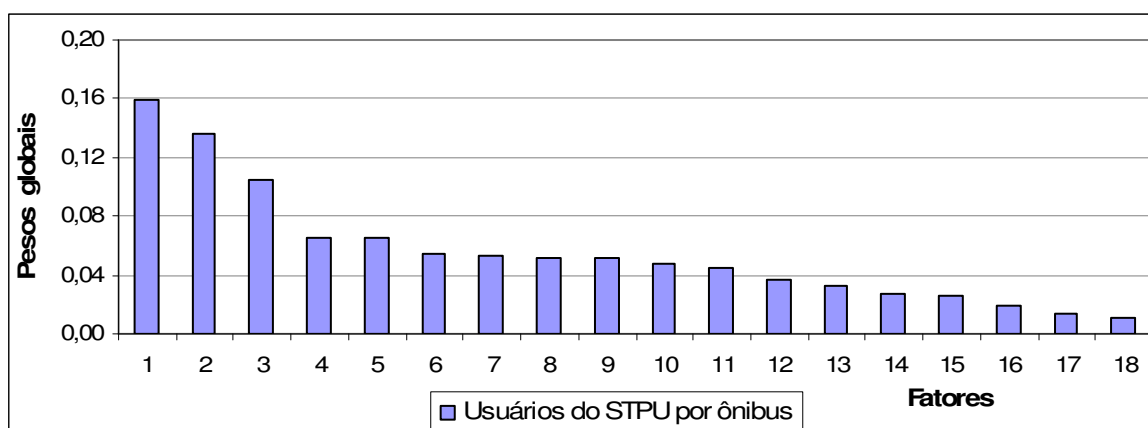


FIG. 5.1 Hierarquia dos fatores segundo os usuários do STPU por ônibus.

A TAB 5.6 e a FIG 5.1 mostram que o grupo de usuários do STPU por ônibus ao escolher o veículo de transporte dá prioridade à eficácia do serviço e ao conforto em detrimento da poluição causada por este veículo nas oficinas de manutenção. Como era de se esperar, os usuários do sistema tendem a priorizar os fatores que influenciam diretamente o seu cotidiano.

TAB. 5.7 Hierarquia dos fatores segundo os usuários de automóveis.

Ord	Fator	Peso global
1	Localização dos pontos de parada	0,226
2	Número de programas de manutenção e regulação do motor	0,104
3	Educação dos motoristas	0,082
4	Condições físicas dos pontos de parada	0,076
5	Consumo médio de combustível (L/pass Km)	0,074
6	Adequação do veículo à rota	0,072
7	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	0,057
8	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	0,052
9	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção	0,046
10	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	0,041
11	Idade da frota	0,038
12	Identificação das linhas nas paradas	0,036
13	Limpeza	0,024
14	Razão de passageiros/m ²	0,018
15	Tarifa cobrada	0,016
16	Frequência da linha	0,015
17	Tempo de viagem	0,014
18	Presença de climatização	0,009

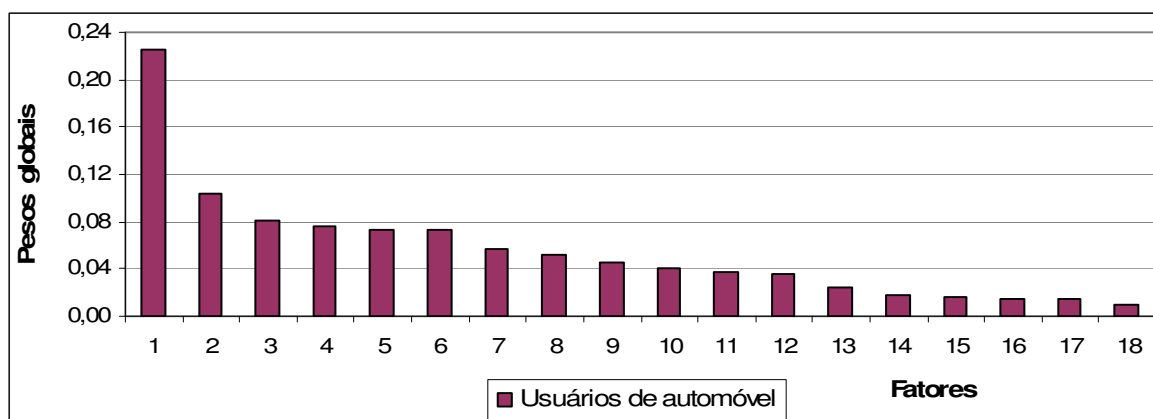


FIG. 5.2 Hierarquia dos fatores segundo os usuários de automóveis.

A TAB 5.7 e a FIG 5.2 mostram que para o grupo de usuário de automóveis suas preferências estão relacionadas, como era de se esperar, a influência que o ônibus exerce no trânsito e na poluição. Os fatores com maiores pesos foram a localização dos pontos de parada, que quando mal planejada pode acarretar congestionamentos, o número de programas de manutenção e regulagem do motor aplicados aos veículos, relacionado ao índice de poluição e a educação dos motoristas, que quando deficitária pode provocar acidentes.

TAB. 5.8 Hierarquia dos fatores segundo uma empresa concessionária.

Ord	Fator	Peso global
1	Frequência da linha	0,134
2	Número de programas de manutenção e regulagem do motor	0,086
3	Educação dos motoristas	0,086
4	Localização dos pontos de parada	0,085
5	Razão de passageiros/m ²	0,078
6	Tempo de viagem	0,076
7	Adequação do veículo à rota	0,066
8	Consumo médio de combustível (L/pass Km)	0,065
9	Tarifa cobrada	0,062
10	Condições físicas dos pontos de parada	0,052
11	Idade da frota	0,041
12	Identificação das linhas nas paradas	0,035
13	Limpeza	0,034
14	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	0,024
15	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	0,023
16	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	0,021
17	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção	0,016
18	Presença de climatização	0,016

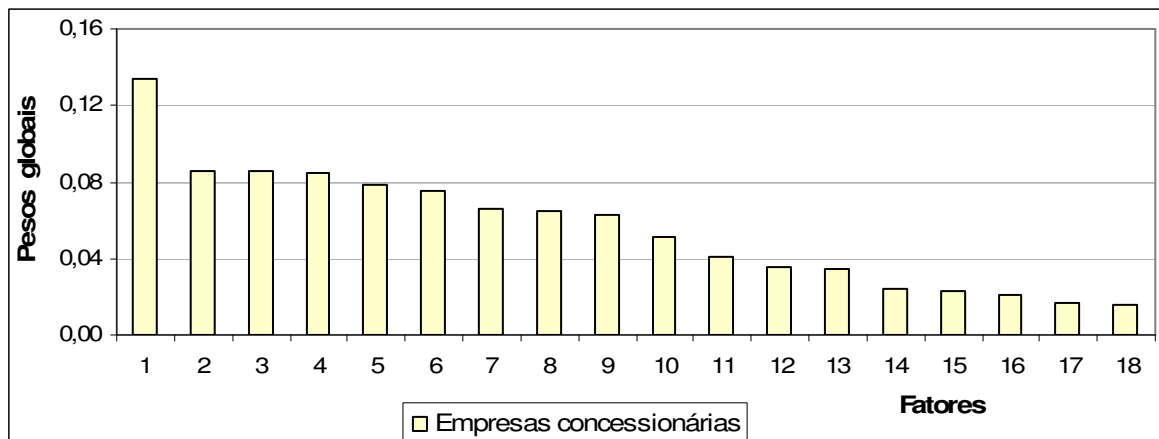


FIG. 5.3 Hierarquia dos fatores segundo uma empresa concessionária.

A TAB 5.8 e a FIG 5.3 mostram que, para o grupo que representa os interesses de uma empresa concessionária, as preferências estão relacionadas aos principais problemas que ela pode ter na prestação do serviço, problemas com os motoristas e com o veículo. Apesar do principal interesse de empresas privadas ser o lucro a tarifa não foi um fator tão pontuado porque seu aumento não pode ser indiscriminado, então a empresa em questão busca alternativas para alcançar seu objetivo, como melhoria do serviço (adequação da frequência dos veículos a demanda e aplicação de programas de qualificação profissional) e redução de custos (estudo da demanda para maximizar a ocupação de passageiros/m² e número de programas de manutenção e regulagem do motor).

TAB. 5.9 Hierarquia dos fatores segundo fiscais do STPU por ônibus.

Ord	Fator	Peso global
1	Frequência da linha	0,126
2	Localização dos pontos de parada	0,126
3	Adequação do veículo à rota	0,115
4	Tempo de viagem	0,104
5	Condições físicas dos pontos de parada	0,088
6	Tarifa cobrada	0,061
7	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	0,055
8	Educação dos motoristas	0,051
9	Razão de passageiros/m ²	0,045
10	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	0,044
11	Limpeza	0,041
12	Identificação das linhas nas paradas	0,035
13	Número de programas de manutenção e regulagem do motor	0,034
14	Presença de climatização	0,029
15	Consumo médio de combustível (L/pass Km)	0,015
16	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	0,012
17	Idade da frota	0,011
18	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção	0,009

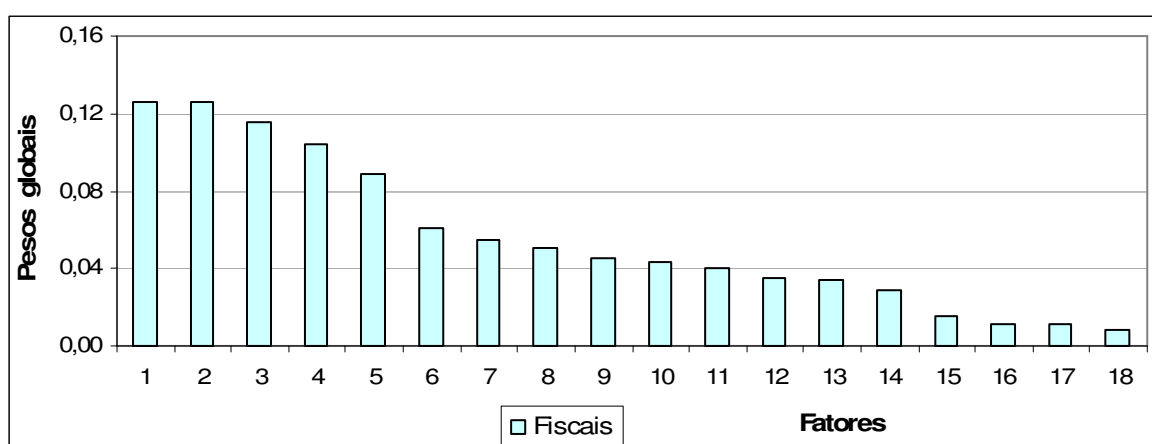


FIG. 5.4 Hierarquia dos fatores segundo fiscais do STPU por ônibus.

A TAB 5.9 e a FIG 5.4 mostram que para o grupo que representa os interesses dos fiscais suas preferências estão relacionadas as principais reclamações feitas por usuários, que dizem respeito a fatores que quando mal planejados influenciam no tempo de viagem desde a origem até o destino: frequência da linha, localização dos pontos de parada e adequação do veículo à rota (na passagem em ruas estreitas

ônibus convencional tem dificuldade, provocando atrasos na viagem). Os fatores que aumentam o índice de poluição (quantidade de produtos sólidos e líquidos utilizados nas oficinas de manutenção, consumo médio de combustível e idade da frota) não foram considerados tão importantes porque a amostra de fiscais considerada fiscaliza somente os fatores relacionados ao serviço.

Na FIG. 5.5 a seguir são representados todos os aspectos considerados pelos grupos de avaliadores, permitindo comparações dos pontos de vista.

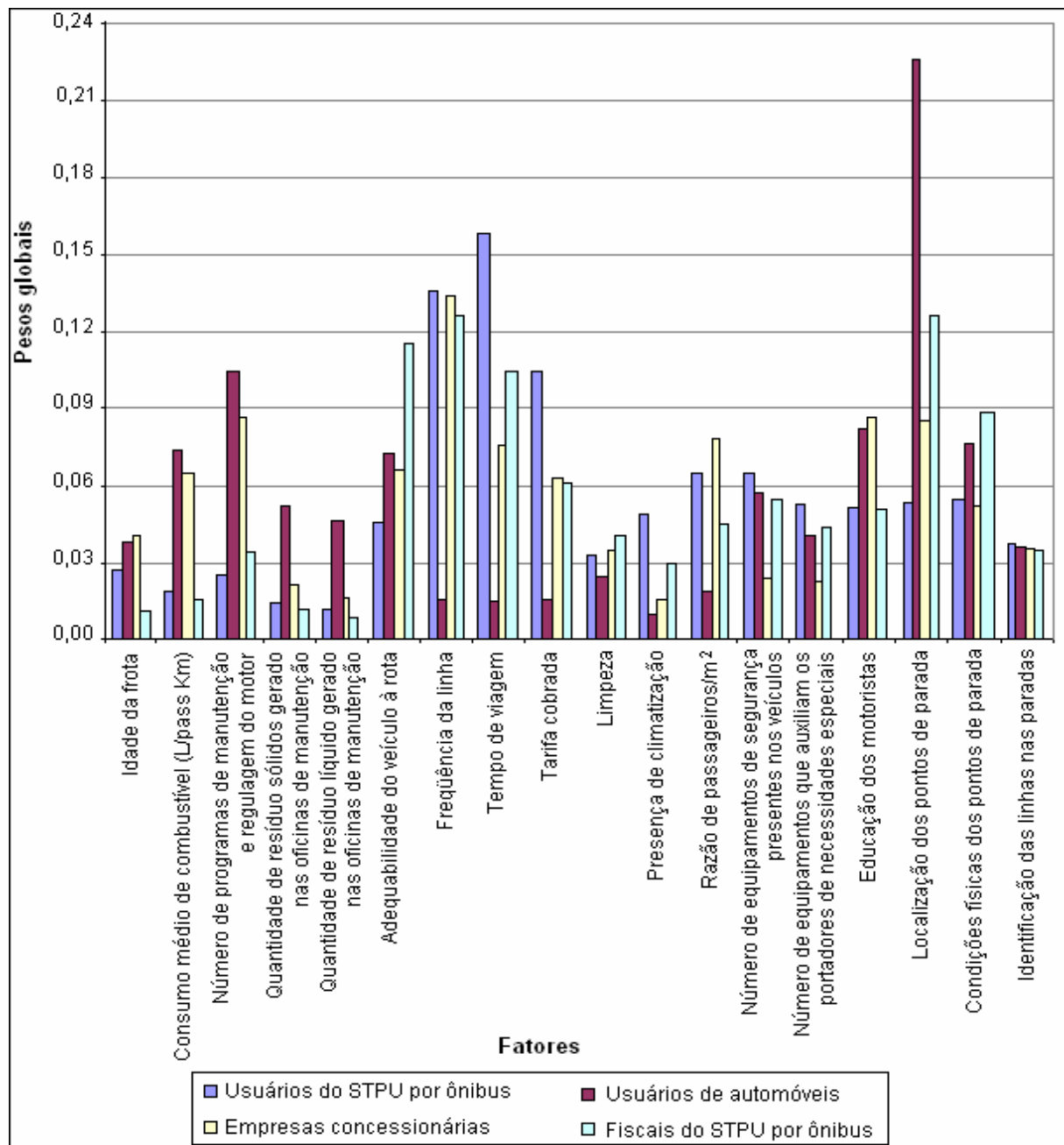


FIG. 5.5 Prioridades segundo usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e órgãos governamentais fiscalizadores do STPU por ônibus.

Dessa figura é possível apreender, por exemplo, que o grupo de usuários do STPU por ônibus priorizam aspectos como o tempo de viagem, a frequência da linha e a tarifa cobrada, por serem diretamente ligados à sua experiência diária na utilização do transporte e expressarem seu desejo de um meio de transporte rápido, altamente disponível e barato.

Já o grupo dos usuários de automóveis valoriza aspectos como a localização dos pontos de parada, a manutenção dos ônibus e a educação dos motoristas. Isto ocorre pois a má localização dos pontos de parada provoca congestionamentos (afetando esse grupo). A falta de manutenção nos ônibus, por sua vez, pode aumentar a quantidade de poluentes emitida por eles, reduzindo a qualidade de vida dos usuários de automóveis. A importância dada à educação dos motoristas se deve à influência da mesma no número de acidentes provocados pelos ônibus (que também podem envolver automóveis).

A empresa concessionária foca sua atenção na frequência da linha, no Número de programas de manutenção e regulação do motor e na educação dos motoristas. Estes fatores foram valorizados por se relacionarem, respectivamente, à eficácia do serviço e ao conforto, auxiliando a empresa a reduzir o número de reclamações dos usuários. A melhor educação dos motoristas também reduz as chances de que a empresa venha a ser responsabilizada por acidentes.

O último grupo, o dos fiscais, apresenta ênfase na frequência da linha, na localização dos pontos de parada e na adequação do veículo à rota. Todos estes aspectos são passíveis de fiscalização por se referirem à correta prestação do serviço concedido, de modo que o interesse desse grupo por eles é natural.

Resumindo, as diferenças das prioridades alocadas aos fatores pelos diversos agentes refletem a maior preocupação do usuário com relação à eficácia do serviço e a seu conforto, do usuário de automóvel com relação aos transtornos que o ônibus causa no trânsito, da empresa em diminuir os custos e atender às exigências legais, e dos fiscais em adequar o serviço às necessidades da população e às normas.

Na FIG 5.6 a seguir foram representadas as prioridades globais para todos os avaliadores, onde se verificam as contribuições de cada grupo para o valor total de cada fator. A altura de cada barra corresponde à soma dos pesos globais de cada fator. Informações como a grande importância dada à “frequência da linha” por todos

os grupos (com exceção dos usuários de automóveis) encontram boa expressão visual nesse gráfico:

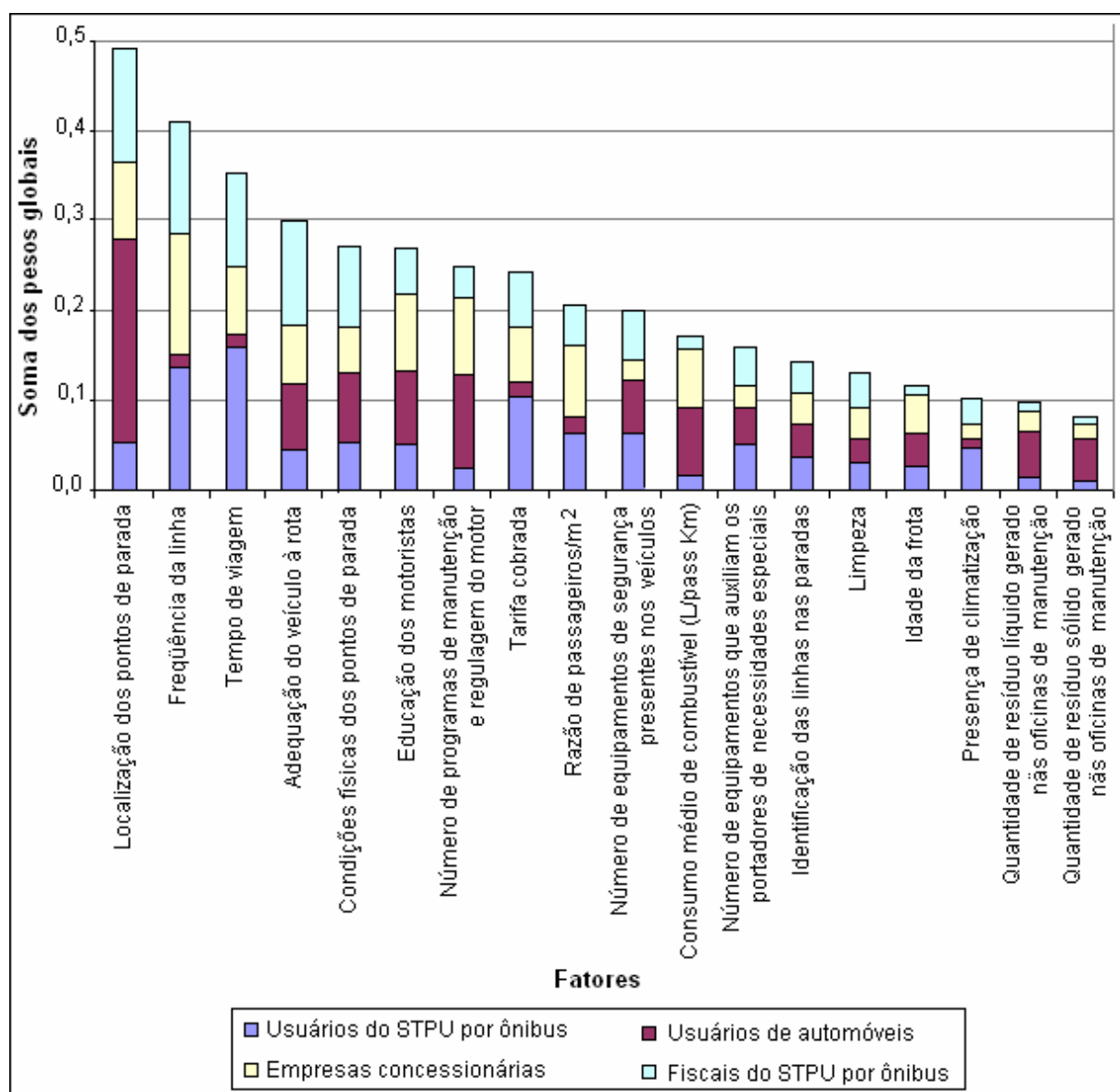


FIG. 5.6 Prioridades globais (soma) segundo todos os grupos, com discriminação da contribuição de cada grupo para o peso total do fator

Outra análise interessante é a da soma dos pesos globais, quando destacados os indicadores aos quais os fatores pertencem. Ela se encontra na FIG 5.7, e permite observar que, no universo de todos os avaliadores, a “eficácia do serviço” foi privilegiada (a julgar pelas barras azuis mais à esquerda), enquanto a “poluição” apresentou importância global menor (barras verdes mais à direita):

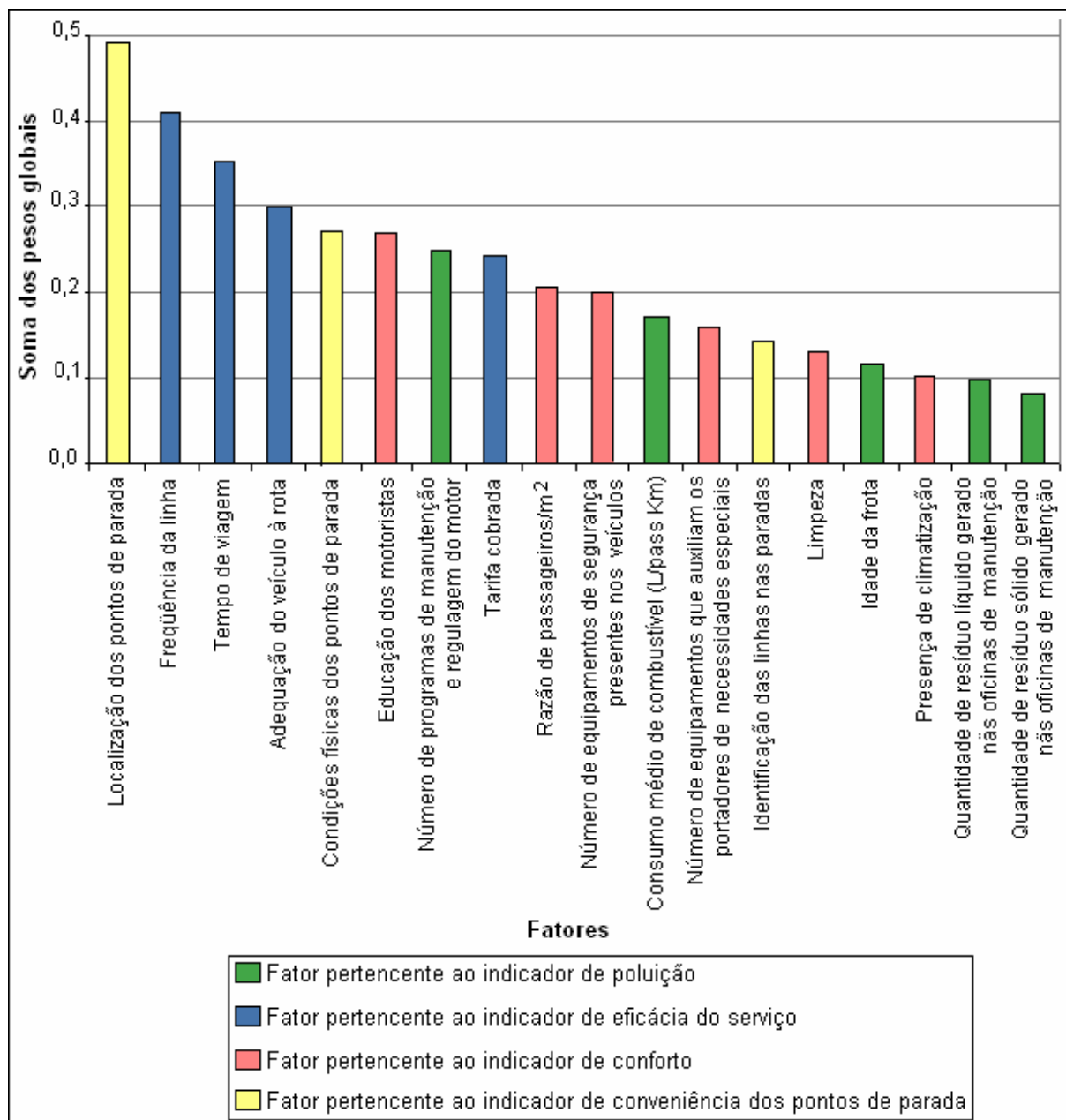


FIG. 5.7 Prioridades globais segundo todos os grupos (soma), com discriminação do indicador ao qual cada fator pertence

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

A demanda por viagens vem aumentando nos grandes centros urbanos em todo o mundo. A realização destas viagens, quando feitas por transporte coletivo por ônibus, pode trazer vantagens para as cidades com a redução de congestionamentos e de emissões de poluentes atmosféricos. Porém, os impactos decorrentes do transporte público urbano por ônibus ainda prejudicam a qualidade de vida da população, sendo diversos os fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental deste serviço, como também variada a opinião dos grupos sociais envolvidos.

Tais fatores, bem como as opiniões sobre os mesmos, variam em função do momento na história da sociedade e do grau de consciência ambiental então vigente. No caso da sociedade brasileira, a necessidade de se obter a licença ambiental para que projetos com potencial poluidor possam operar, a Lei de Crimes Ambientais de 1998 que estabelece sanções penais e administrativas às pessoas ou entidades que apresentem condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, juntamente com a obrigatoriedade do desenvolvimento de EIA para obtenção de crédito junto ao BNDES e BID, por exemplo, constituíram o alicerce dessa conduta ambiental. Criam-se assim bases para a operação e fiscalização de diversos serviços, dentre eles o Sistema de Transporte Público Urbano (STPU) por ônibus, de forma ambientalmente sustentável.

Neste trabalho foram analisados os principais aspectos do STPU por ônibus a serem melhorados na forma de indicadores de poluição, de eficácia do serviço, de conforto e de conveniência dos pontos de parada. Composto estes indicadores encontram-se os fatores que influenciam diretamente a sustentabilidade ambiental conforme propostos por Paes (2006) a serem priorizados segundo os pontos de vistas de diversos agentes como usuários do STPU por ônibus, usuários de automóveis, empresas concessionárias e fiscais do STPU por ônibus.

O procedimento utilizado nesta dissertação para obtenção dos fatores priorizados se baseou no Método de Análise Hierárquica (MAH) que, de forma

simples, permite a agregação de opiniões em um índice. As prioridades das partes interessadas foram encontradas a partir de um questionário aplicado em amostras representativas dos diversos agentes considerados. As respostas a esses questionários devem buscar o máximo de consistência dos julgamentos. Se possível, deve-se testar a razão de consistência e, quando esta for alta, rediscutir a questão.

O MAH se mostrou apropriado para o tratamento do problema apresentado e os cálculos trabalhosos, necessários à determinação dos autovetores e das razões de consistência, podem ser viabilizados com o uso de softwares disponíveis no mercado, de modo a agilizar o processamento dos dados. Entretanto, verificou-se que os resultados deste método dependem das amostras e são mais confiáveis quanto maior a sua homogeneidade quanto a certas características dos componentes (faixa etária, classe socioeconômica, grau de escolaridade, etc).

A aplicação do método mostrou, como era de se esperar, que as prioridades não são as mesmas para todos os grupos, o que reflete diferentes formas de consciência sobre o problema da sustentabilidade ambiental. Citam-se como exemplos os usuários do STPU por ônibus e os usuários de automóveis: enquanto os primeiros acreditam que o tempo de viagem e a frequência da linha são os mais importantes, os últimos declararam preferência para a localização dos pontos de parada e educação dos motoristas.

Considera-se o trabalho aqui desenvolvido uma ferramenta útil para as empresas, pois pode ser utilizada para comparar seus serviços com os de outras, bem como é útil para o órgão concedente que pode avaliar o desempenho da empresa. Ela também permite o reconhecimento das necessidades dos usuários, das influências do serviço na sociedade (aqui representada pelos usuários de automóvel) e das impressões dos fiscais quanto à conformidade com a legislação.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Dentre os possíveis estudos futuros relacionados ao tema desta dissertação, podem-se sugerir:

- Inclusão de novos grupos de avaliadores como usuários de motocicleta, de bicicleta e pedestres.
- Inclusão na estrutura de novos fatores de acordo com modificações ocorridas no serviço, em virtude de novas necessidades ou mudanças na legislação.

7 BIBLIOGRAFIA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 12.486 de 01 de abril de 1992. **Comunicação visual em transporte coletivo urbano por ônibus.**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 14.022 de 01 de dezembro de 1997. **Acessibilidade à pessoa portadora de deficiência em ônibus e trólebus, para atendimento urbano e intermunicipal.**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 9.050 de 31 de maio de 2004. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.**

ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos. (2003). **Mobilidade e cidadania.** Coleção Transporte Humano. São Paulo.

Aragão, J.; Brasileiro A.; Marar, R. **A nova legislação brasileira de licitações e concessões e suas conseqüências para o setor nacional de ônibus urbano.** Site acessado em 01/12/2005. <http://www.ucl.ac.uk/~ucet48b/araga4.htm>.

Boas, Cíntia de Lima Vilas. **Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos.** In: Simpósio brasileiro de recursos hídricos, João Pessoa, ABRH, 2005.

Brasil. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 de set. 1981.

Brasil. Decreto n° 28.687 do Estado da Bahia, de 11 de fevereiro de 1982. Definição de meio ambiente.

Brasil. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal.

Brasil. Lei n. 8.723 de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 de out. 1993.

Brasil. Lei n. 8.987 de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 de fev. 1995.

Brasil. Portaria n° 85 do IBAMA, de 17 de outubro de 1996. Dispõe sobre as diretrizes para criação de programa interno de autofiscalização da correta manutenção de frotas e veículos movidos a diesel quanto a emissão de fumaça preta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 21 de out. 1996.

Brasil. Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 de setembro de 1997.

Brasil. Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de fev. 1998.

Brasil. Lei nº 10.048 de 8 de novembro de 2000. Trata do atendimento prioritário às pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 de nov. de 2000.

Brasil. Lei nº 10.098 de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 de dez. 2000.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 fev. 1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986. Institui em caráter nacional o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 jun. 1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 02, de 8 de março de 1990. Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle

da Poluição Sonora - SILÊNCIO. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 02 abr. 1990.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 05, de 5 de agosto de 1993. Define procedimentos para o gerenciamento de resíduos sólidos oriundos de terminais rodoviários. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 31 ago. 1993.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 07, de 31 de agosto de 1993. Definir as diretrizes básicas e padrões de emissão para o estabelecimento de Programas de Inspeção e Manutenção para Veículos Automotores em Uso. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 31 dez. 1993.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 227, de 20 de agosto de 1997. Regulamenta a implantação do programa de inspeção e manutenção de veículos em uso. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 ago. 1997.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 251, de 7 de janeiro de 1999. Estabelece critérios, procedimentos e limites máximos de opacidade da emissão de escapamento para avaliação do estado de manutenção dos veículos automotores do ciclo Diesel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 12 jan. 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 252, de 7 de janeiro de 1999. Estabelece, para os veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais ou importados, limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento, para fins de inspeção obrigatória e fiscalização de veículos em uso. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 01 fev. 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente – IBAMA. Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. Dispõe sobre o Rerrefino de Óleo Lubrificante. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 27 junho. 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Ar – Transporte Sustentável**, [on line]. Capturado em 30 de ago. de 2006. Disponível: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/sustentavel.asp>

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2005**. São Paulo.

CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Resolução nº 1, de 23 de outubro de 1987. **Aprovação do Programa Nacional de Certificação de Conformidade de Veículos Automotores: Emissões - PROVEM**. Diário Oficial da União, Brasília, 28 de outubro de 1987.

CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Resolução nº 1, de 26 de janeiro de 1993, Regulamento Técnico de carroçaria de ônibus – padronização.

D'Agosto, Márcio de Almeida. **Avaliação do desempenho operacional de sistemas de transportes urbanos em vias segregadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 1999.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Glossário de termos técnicos ambientais rodoviários**. Rio de Janeiro, 2006.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro. **Como ocorre a poluição por veículos automotores**. [on line]. Capturado em 09 de jul. de 2006. http://www.feema.rj.gov.br/como_ocorre_poluicao_veiculos.htm

Ferraz, Antonio Clóvis Coca Pinto; Torres, Isaac Guilherme Espinosa. **Transporte público urbano**. São Carlos, São Paulo. Editora Rima, 2ª edição, 2004.

Filippo, Sandro; Silva, V. L.; Machado, A. B.; Cosenza, C. A. N; Ribeiro, S. K. **Lógica fuzzy para obtenção do índice de prioridade para intervenção no passivo**

ambiental de segmentos de rodovias pavimentadas. In: XIX - ANPET - Congresso de pesquisa e ensino em transportes. Anais – comunicações técnicas. Recife, 2005.

Fogliatti, Maria Cristina; Filippo, Sandro; Goudard, Beatriz. **Avaliação de impactos ambientais – aplicação aos sistema de transporte.** Rio de Janeiro, editora Interciência, 2004.

IBAMA. **Avaliação de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas.** Brasília, 1995.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002/2003 - Distribuição da despesa média mensal familiar por classes de rendimento e segundo o tipo de despesas.**

Kozerski, Glauco Rodrigo. **Estimativa dos poluentes emitidos pelos ônibus e microônibus de Campo Grande, quando empregado como combustível, diesel, biodiesel e gás natural.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2004.

Leite, Flávia de Cássia Rezende. **Procedimento para caracterização de frota de ônibus.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 2002.

Lima Júnior, Paulo César Rodrigues de. **Uso de sistemas de informações geográficas para avaliação de impactos ambientais de sistemas de transportes urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 1999.

Ministério das Cidades. **O direito a cidade.** Site acessado em 02/12/2005.
<http://www.cidades.gov.br/index.php?option=content&task=section&id=7&menupi d=31&menutp=conhe%E7aominist%E9rio>.

Monteiro, Aline Guimarães. **Estratégia de redução de emissões de poluentes no setor de transportes por meio de substituição modal na região metropolitana de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

Moreira, Roberto. **Avaliação de projetos de transportes utilizando análise benefício custo e método de análise hierárquica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Civil) – Universidade estadual de Campinas, 2000.

Mouette, Dominique. **Utilização de análise hierárquica no processo de tomada de decisão no planejamento de transporte urbano: uma análise voltada aos impactos ambientais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade estadual de Campinas, 1993.

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Pesquisa que mostra baixa mobilidade dos pobres e suas causas.** Anuário 2004.

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Prioridade para o transporte coletivo urbano.** Relatório Técnico SEDU/PR - Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República, 2002.

Oliveira, M. J. **Acidentes de trânsito: uma contribuição no processo de coleta de informações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 2000.

ONU - Organização das Nações Unidas. Divisão populacional do Departamento de Economia e assuntos sociais da Secretaria das Nações Unidas. **Projeção da população mundial, revisão 2002 e projeção da população urbana mundial revisão 2003.**

Paes, Gleicy Karen Abdon Alves. **Sustentabilidade ambiental dos sistemas de transportes públicos em centros urbanos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia, 2006.

Pamplona, Magda Rocha. **Considerações sobre o emprego dos diferentes tipos de ônibus no transporte público urbano.** Dissertação (Mestrado de Engenharia: área de concentração em transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2000.

RIO Ônibus – Sindicato das Empresas de Ônibus da Cidade do Rio de Janeiro. <http://www.rioonibus.com/transportes/index.asp>. Site acessado em 01/12/2005.

Schmidt, Angela Maria Atherino. **Processo de apoio à tomada de decisão abordagens: AHP e Macbeth.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

Saaty, Thomas L. (1991). **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

Silva, Antônio Nelson Rodrigues da; BRONDINO, Nair Cristina Margarido; LIMA, Renato da Silva. **O impacto de diferentes medidas de acessibilidade no valor do solo urbano**. In: XIX - ANPET - Congresso de pesquisa e ensino em transportes. Anais – comunicações técnicas, volume 1. Recife, 2000.

SMTR – Secretaria Municipal de Transportes. **Plano diretor de transportes da cidade do Rio de Janeiro – versão preliminar**. Rio de Janeiro, 2006.

8 APÊNDICES

8.1 APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO



Instituto Militar de Engenharia
Mestrado em Engenharia de Transportes
Aluna: Natalia Hoffmann Ramos de Macedo

Avaliador: _____ Idade: _____
Formação: _____ Área de atuação: _____
Veículo de transporte mais utilizado: _____ Freqüência: _____

Questionário sobre a sustentabilidade ambiental* do Sistema de Transporte Público Urbano (STPU) por ônibus

Este questionário tem o objetivo de auxiliar uma pesquisa acadêmica sobre a sustentabilidade ambiental do sistema em estudo. Gostaria de contar com a sua colaboração no sentido de preenchê-lo e devolvê-lo. Qualquer dúvida ou comentário, envie-me um e-mail: natalia.hoffmann@gmail.com. Obrigada.

O questionário visa comparar par a par, os fatores, *A* e *B*, do STPU por ônibus que influenciam a sustentabilidade ambiental deste serviço. Para tal, a escala de valores é composta por: 1, 3, 5, 7 e 9. O significado destes valores está na tabela a seguir.

Definição da relação entre os componentes A e B	Valores
Se A e B são igualmente influentes	1
Se A é pouco mais influente que B	3
Se A é mais influente que B	5
Se A é muito mais influente que B	7
Se A é absolutamente mais influente que B	9

Como exemplo considere a tabela abaixo.

Característica A	Valores A ←	→ Valores B	Característica B
Conforto	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Segurança

Se, ao comparar *A* e *B*, o analista considerar que o conforto (Fator *A*) é muito mais influente na sustentabilidade ambiental do atendimento oferecido pela empresa que a segurança (Fator *B*), deverá assinalar o número 7 na coluna “valor *A*”.

*Sustentabilidade ambiental é a capacidade apresentada por um sistema em permitir o usufruto de seus serviços, sem comprometer a possibilidade deste mesmo usufruto para gerações futuras.

1. Indicador da poluição.

O transporte é uma das atividades que mais causam poluição. Esta poluição provém, principalmente, da transformação do combustível (diesel, biodiesel, gás natural ou álcool) em força motora. O grau desta poluição sofre variação segundo os seguintes fatores: idade do veículo, consumo de combustível e programas de manutenção do motor. Outra fonte de poluição relacionada ao transporte por ônibus são as oficinas de manutenção dos veículos, e esta poluição depende da quantidade de produtos líquidos e sólidos utilizados nas mesmas.

Compare os fatores A e B em relação à poluição.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Idade média da frota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Consumo médio de combustível (L/pass Km)
Idade média da frota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de programas de manutenção e regulagem do motor
Idade média da frota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção
Idade média da frota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção
Consumo médio de combustível (L/pass Km)	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de programas de manutenção e regulagem do motor
Consumo médio de combustível (L/pass Km)	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção
Consumo médio de combustível (L/pass Km)	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção
Número de programas de manutenção e regulagem do motor	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção
Número de programas de manutenção e regulagem do motor	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção
Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção

2. Indicador de Eficácia do Serviço

A eficácia do serviço oferecido depende da adequação do veículo à rota (capacidade para subir rampas ou realizar curvas, caso estas se encontrem no trajeto), da frequência da linha (função do intervalo entre dois ônibus), do tempo de viagem e da tarifa cobrada.

Compare os fatores **A** e **B** em relação à qualidade do serviço.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Adequação do veículo à rota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Frequência da linha
Adequação do veículo à rota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Tempo de viagem
Adequação do veículo à rota	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Tarifa cobrada
Frequência da linha	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Tempo de viagem
Frequência da linha	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Tarifa cobrada
Tempo de viagem	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Tarifa cobrada

3. Indicador do Conforto.

O conforto nos transportes públicos é função da limpeza, da presença de climatização, da razão de passageiros/m², do número de equipamentos de segurança presentes nos veículos, da educação dos motoristas (melhorada através de programas de capacitação oferecidos pela empresa) e das facilidades para pessoas com necessidades especiais.

Compare os fatores *A* e *B* em relação ao conforto do usuário.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Limpeza	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Presença de climatização
Limpeza	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Razão de passageiros/m ²
Limpeza	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos
Limpeza	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais
Limpeza	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Educação dos motoristas
Presença de climatização	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Razão de passageiros/m ²
Presença de climatização	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos
Presença de climatização	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais
Presença de climatização	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Educação dos motoristas
Razão de passageiros/m ²	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos
Razão de passageiros/m ²	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Número de equipamentos que auxiliam os

Razão de passageiros/m ²	9 7 5 3 1 3 5 7 9	portadores de necessidades especiais
Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	9 7 5 3 1 3 5 7 9	Educação dos motoristas
Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos	9 7 5 3 1 3 5 7 9	Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais
Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais	9 7 5 3 1 3 5 7 9	Educação dos motoristas

4. Indicador de conveniência dos pontos de parada.

O gerenciamento dos pontos de parada deve considerar fatores como localização e sinalização, para evitar a formação de congestionamentos no seu entorno e facilitar o acesso por parte dos usuários. Também são importantes aspectos como as condições físicas dos pontos de parada (existência de abrigos e bancos), para proteção contra intempéries e para acomodação dos usuários, respectivamente.

Compare os fatores A e B em relação à conveniência dos pontos de parada.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Localização dos pontos de parada	9 7 5 3 1 3 5 7 9		Condições físicas dos pontos de parada
Localização dos pontos de parada	9 7 5 3 1 3 5 7 9		Identificação das linhas nas paradas
Condições físicas dos pontos de parada	9 7 5 3 1 3 5 7 9		Identificação das linhas nas paradas

5. Composição dos indicadores.

Os fatores mostrados anteriormente foram avaliados no contexto de indicadores específicos, relativos à poluição, à eficácia do serviço, ao conforto e à conveniência dos pontos de parada. Cada um destes indicadores influencia o serviço de transporte por ônibus.

Compare os Fatores A e B em relação à sua importância no transporte por ônibus.

Fator A	Valores A ←	→ Valores B	Fator B
Indicador de poluição	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador de Eficácia do Serviço
Indicador de poluição	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador do Conforto
Indicador de poluição	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador de conveniência dos pontos de parada
Indicador de Eficácia do Serviço	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador do Conforto
Indicador de Eficácia do Serviço	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador de conveniência dos pontos de parada
Indicador do Conforto	9 7 5 3 1	3 5 7 9	Indicador de conveniência dos pontos de parada

8.2 APÊNDICE 2 – MATRIZES DE JULGAMENTOS

Encontram-se nesta sessão as matrizes correspondentes aos questionários respondidos por avaliadores, já verificadas as respectivas consistências, pertencentes ao grupo dos fiscais do STPU por ônibus, seus autovalores e autovetores e a razão de consistência.

Os avaliadores que apresentaram matrizes com RC médio superior a 0,5 não foram incluídos na amostra, pois o procedimento de convergência à matriz consistente mais próxima (mostrado na seção 4.3.3) resultava em grandes distorções nas opiniões inicialmente manifestadas. Houve poucas matrizes com $0,1 < RC < 0,5$ e estas foram tratadas via software Expert Choice.

Ressalta-se que as matrizes a seguir, correspondentes aos demais casos (RC inicial $< 0,5$), são aquelas às quais já foi aplicado o procedimento.

Para efeito de entendimento das matrizes, os fatores e indicadores atenderão a seguinte legenda:

A = Idade média da frota

B = Consumo médio de combustível (L/pass Km)

C = Número de programas de manutenção e regulagem do motor

D = Quantidade de resíduo líquido gerado nas oficinas de manutenção

E = Quantidade de resíduo sólido gerado nas oficinas de manutenção

F = Adequação do veículo à rota

G = Frequência da linha

H = Tempo de viagem

I = Tarifa cobrada

J = Limpeza

L = Presença de climatização

M = Razão de passageiros/m²

N = Número de equipamentos de segurança presentes nos veículos

O = Número de equipamentos que auxiliam os portadores de necessidades especiais

P = Educação dos motoristas

Q = Localização dos pontos de parada

R = Condições físicas dos pontos de parada

S = Identificação das linhas nas paradas

T = Indicador de poluição

U = Indicador de Eficácia do Serviço

V = Indicador do Conforto

X = Indicador de conveniência dos pontos de parada

Os dados contidos neste apêndice referem-se à amostra de fiscais do STPU por ônibus que contém cinco (5) avaliadores.

Avaliador 1

1- Comparação de fatores relacionados à poluição.

	A	B	C	D	E
A	1	5	1/7	5	5
B	1/5	1	1/5	1	1
C	7	5	1	7	7
D	1/5	1	1/7	1	1
E	1/5	1	1/7	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 5,403

Autovetor =

(0,366; 0,105, 1,000; 0,094; 0,094)

RC = 0,091.

Pesos relativos normalizados =

(0,220; 0,063; 0,603; 0,057; 0,057).

Avaliador 2

1- Comparação de fatores relacionados à poluição.

	A	B	C	D	E
A	1	1/5	1/5	1/3	1
B	5	1	1	5	5
C	4	1	1	1	5
D	3	1/5	1	1	5
E	1	1/5	1/5	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 5,292

Autovetor =

(0,149; 1,000; 0,631; 0,451; 0,132)

RC = 0,066.

Pesos relativos normalizados =

(0,063; 0,423; 0,267; 0,191; 0,056).

2 - Comparação de fatores relacionados à eficácia do serviço.

	F	G	H	I
F	1	1	5	3
G	1	1	5	3
H	1/5	1/5	1	1/5
I	1/3	1/3	5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,155

Autovetor = (1,00; 1,00; 0,156; 0,458)

RC = 0,052.

Pesos relativos normalizados =

(0,383; 0,383; 0,060; 0,175).

2 - Comparação de fatores relacionados à eficácia do serviço.

	F	G	H	I
F	1	1	1	1
G	1	1	1	1
H	1	1	1	1
I	1	1	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,000

Autovetor = (1,000; 1,000; 1,000; 1,000)

RC = 0,000.

Pesos relativos normalizados = (0,250;

0,250; 0,250; 0,250).

3 - Comparação de fatores relacionados ao conforto.

	J	L	M	N	O	P
J	1	7	1/3	3	7	1/5
L	1/7	1	1/7	1/7	1/3	1/7
M	3	7	1	3	5	1
N	1/3	7	1/3	1	3	1/5
O	1/7	3	1/5	1/3	1	1/7
P	5	7	1	5	7	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 6,595

Autovetor =

(0,451; 0,070; 0,750; 0,257; 0,117; 1,000)

RC = 0,100.

Pesos relativos normalizados =

(0,378; 0,284; 0,171; 0,097; 0,044; 0,026).

3 - Comparação de fatores relacionados ao conforto.

	J	L	M	N	O	P
J	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1
M	1	1	1	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1
O	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 6,000

Autovetor =

(1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000)

RC = 0,000.

Pesos relativos normalizados =

(0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167).

4 - Comparação de fatores relacionados à conveniência dos pontos de parada.

	Q	R	S
Q	1	1	5
R	1	1	5
S	1/5	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 3,000

Autovetor = (1,000; 1,000; 0,200)

RC = 0,000

Pesos relativos normalizados =

(0,455; 0,455; 0,091)

4 - Comparação de fatores relacionados à conveniência dos pontos de parada.

	Q	R	S
Q	1	1	7
R	1	1	7
S	1/7	1/7	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 3,000

Autovetor = (1,000; 1,000; 0,143)

RC = 0,000

Pesos relativos normalizados =

(0,467; 0,467; 0,067)

5 - Comparação dos indicadores relacionados a sustentabilidade ambiental.

	T	U	V	X
T	1	1/5	1/5	1
U	5	1	3	7
V	5	1/3	1	5
X	1	1/7	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,121

Autovetor = (0,137; 1,000; 0,524; 0,123)

RC = 0,045.

Pesos relativos normalizados =

5 - Comparação dos indicadores relacionados a sustentabilidade ambiental.

	T	U	V	X
T	1	1/7	1/5	1/7
U	7	1	1	3
V	5	1	1	1
X	7	1/3	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,169

Autovetor = (0,113; 1,000; 0,673; 0,568)

RC = 0,063.

Pesos relativos normalizados = (0,048;

(0,077; 0,560; 0,294; 0,069).

Avaliador 3

1- Comparação de fatores relacionados à poluição.

	A	B	C	D	E
A	1	1	1/3	1	1
B	1	1	1	1	1
C	3	1	1	5	5
D	1	1	1/5	1	3
E	1	1	1/5	1/3	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 5,444

Autovetor =

(0,311; 0,433; 1,000; 0,375; 0,241)

RC = 0,100.

Pesos relativos normalizados =

(0,132; 0,184; 0,424; 0,159; 0,102).

2 - Comparação de fatores relacionados à eficácia do serviço.

	F	G	H	I
F	1	1	1	3
G	1	1	1	3
H	1	1	1	1
I	1/3	1/3	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,155

Autovetor = (1,00; 1,00; 0,779; 0,458)

RC = 0,058.

Pesos relativos normalizados =

(0,309; 0,309; 0,241; 0,142).

3 - Comparação de fatores relacionados ao conforto.

	J	L	M	N	O	P
J	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1
M	1	1	1	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1
O	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	1

0,425; 0,286; 0,241).

Avaliador 4

1- Comparação de fatores relacionados à poluição.

	A	B	C	D	E
A	1	3	1	1	1
B	1/3	1	1/3	1/3	1/3
C	1	3	1	3	3
D	1	3	1/3	1	1
E	1	3	1/3	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 5,197

Autovetor =

(0,621; 0,207; 1,000; 0,493; 0,493)

RC = 0,044.

Pesos relativos normalizados =

(0,221; 0,074; 0,355; 0,175; 0,175).

2 - Comparação de fatores relacionados à eficácia do serviço.

	F	G	H	I
F	1	1/3	1/3	1
G	3	1	1/5	1
H	3	5	1	5
I	1	1	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,264

Autovetor = (0,201; 0,313; 1,000; 0,219)

RC = 0,099.

Pesos relativos normalizados =

(0,116; 0,181; 0,577; 0,126).

3 - Comparação de fatores relacionados ao conforto.

	J	L	M	N	O	P
J	1	1	1	1	1	1
L	1	1	1	1	1	1
M	1	1	1	1	1	1
N	1	1	1	1	1	1
O	1	1	1	1	1	1
P	1	1	1	1	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 6,000
 Autovetor = (1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000)
 RC = 0,000.
 Pesos relativos normalizados = (0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167).

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 6,000
 Autovetor = (1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000; 1,000)
 RC = 0,000.
 Pesos relativos normalizados = (0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167; 0,167).

4 - Comparação de fatores relacionados à conveniência dos pontos de parada.

4 - Comparação de fatores relacionados à conveniência dos pontos de parada.

	Q	R	S
Q	1	1	1
R	1	1	1
S	1	1	1

	Q	R	S
Q	1	3	5
R	1/3	1	3
S	1/5	1/3	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 3,000
 Autovetor = (1,000; 1,000; 1,000)
 RC = 0,000
 Pesos relativos normalizados = (0,333; 0,333; 0,333)

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 3,039
 Autovetor = (1,000; 0,405; 0,164)
 RC = 0,037
 Pesos relativos normalizados = (0,637; 0,258; 0,105)

5 - Comparação dos indicadores relacionados a sustentabilidade ambiental.

5 - Comparação dos indicadores relacionados a sustentabilidade ambiental.

	T	U	V	X
T	1	1/3	1/3	1/3
U	3	1	1	3
V	3	1	1	1
X	3	1/3	1	1

	T	U	V	X
T	1	1/5	1/3	1/3
U	5	1	1	1
V	3	1	1	1
X	3	1	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,155
 Autovetor = (0,242; 1,000; 0,7273; 0,567)
 RC = 0,058.
 Pesos relativos normalizados = (0,096; 0,394; 0,287; 0,233).

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,033
 Autovetor = (0,258; 1,000; 0,872; 0,872)
 RC = 0,012.
 Pesos relativos normalizados = (0,086; 0,333; 0,291; 0,291).

Avaliador 5

1- Comparação de fatores relacionados à poluição.

	A	B	C	D	E
A	1	1/3	1/5	1/3	1/3
B	3	1	1	1	1
C	5	1	1	5	5
D	3	1	1/5	1	1
E	3	1	1/5	1	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 5,329

Autovetor =

(0,132; 0,470; 1,000; 0,320; 0,320)

RC = 0,074.

Pesos relativos normalizados =

(0,059; 0,210; 0,446; 0,143; 0,143).

2 - Comparação de fatores relacionados à eficácia do serviço.

	F	G	H	I
F	1	1	3	5
G	1	1	5	5
H	1/3	1/5	1	5
I	1/5	1/5	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,264

Autovetor = (0,835; 1,000; 0,352; 0,134)

RC = 0,099.

Pesos relativos normalizados =

(0,360; 0,431; 0,152; 0,058).

3 - Comparação de fatores relacionados ao conforto.

	J	L	M	N	O	P
J	1	5	3	1/7	1/5	1
L	1/5	1	1/5	1/7	1/7	1/5
M	1/3	5	1	1/5	1/5	1
N	7	7	5	1	3	5
O	5	7	5	1/3	1	5
P	1	5	1	1/5	1/5	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 6,602

Autovetor =

(0,221; 0,062; 0,159; 1,000; 0,639; 0,182)

RC = 0,096.

Pesos relativos normalizados =

(0,098; 0,027; 0,070; 0,442; 0,282; 0,080).

4 - Comparação de fatores relacionados à conveniência dos pontos de parada.

	Q	R	S
Q	1	1	7
R	1	1	7
S	1/7	1/7	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 3,000

Autovetor = (1,000; 1,000; 0,143)

RC = 0,000

Pesos relativos normalizados =

(0,467; 0,467; 0,067)

5 - Comparação dos indicadores relacionados a sustentabilidade ambiental.

	T	U	V	X
T	1	1/3	1/3	1/3
U	3	1	5	1
V	3	1/5	1	1/3
X	3	1	3	1

Autovalor ($\lambda_{\text{máx}}$) = 4,264

Autovetor = (0,223; 1,000; 0,352; 0,835)

RC = 0,099.

Pesos relativos normalizados =

(0,093; 0,415; 0,146; 0,346).

Resultado final para o grupo dos fiscais do STPU por ônibus (média dos pesos relativos dos indicadores, média dos pesos relativos dos fatores e média dos pesos globais dos fatores).

Indicadores	Média dos pesos relativos dos indicadores	Fatores	Média dos pesos relativos dos fatores	Média dos pesos globais dos fatores
T	0,081	A	0,139	0,011
		B	0,191	0,015
		C	0,419	0,034
		D	0,145	0,012
		E	0,107	0,009
U	0,407	F	0,284	0,115
		G	0,311	0,126
		H	0,256	0,104
		I	0,150	0,061
V	0,263	J	0,154	0,041
		L	0,111	0,029
		M	0,171	0,045
		N	0,208	0,055
		O	0,165	0,044
		P	0,192	0,051
X	0,249	Q	0,506	0,126
		R	0,354	0,088
		S	0,140	0,035

A seqüência do procedimento para os demais grupos é idêntica ao demonstrado para a amostra dos fiscais do STPU por ônibus e os resultados encontram-se nas TAB 5.4 e TAB 5.5 do capítulo 5.