

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área de Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas

Alex Gustavo Amorim Gonçalves da Silva

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA A OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE
PÚBLICO NA AVENIDA RECIFE

Recife, 2016

Alex Gustavo Amorim Gonçalves da Silva

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA A OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE
PÚBLICO NA AVENIDA RECIFE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil do Centro de
Tecnologia e Geociências – CTG, da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Leonardo Herszon Meira, Dr.

Recife, 2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

S586a Silva. Alex Gustavo Amorim Gonçalves da
Análise de alternativas para a otimização do transporte público na
avenida recife. / Alex Gustavo Amorim Gonçalves da Silva. - 2016.
49folhas, Ils.; Tab.; e Abr. ; Sigl.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2016.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Mobilidade Urbana. 3. Transporte Público Prioritário.
4. Infraestrutura. I. Meira, Leonardo Herszon (Orientador). II. Título.

Alex Gustavo Amorim Gonçalves da Silva

ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA A OTIMIZAÇÃO DO TRANSPORTE
PÚBLICO NA AVENIDA RECIFE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS – CTG,
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE, COMO REQUISITO
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada, em 04 de julho de 2016, por:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Leonardo Herszon Meira, Dr. (Orientador)

Prof. Maurício Oliveira de Andrade, Dr. (Avaliador)

Eng. (Avaliadora)

Recife, 2016

Dedico este trabalho aos meus pais e a
minha amada esposa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu sou grato a Deus por suas benções em minha vida, por sempre fornecer os meios necessários para realização da graduação, por minha saúde, minha vida, pais e família. E por todo meu sustento.

Agradeço aos meus pais, Anacleto Gonçalves da Silva Junior e Joseane Clemente de Amorim por todo amor e esforço empenhado para edificação da minha vida. Agradeço por darem o melhor por mim, por me educar e disciplinar.

Agradeço a minha amada esposa, amor da minha vida, Karolyne da Silveira Covre Gonçalves por todo seu amor, carinho e seu apoio incondicional. Obrigado por seu meu porto seguro.

A todos os professores que eu tive o prazer de ser aluno, que dedicam a vida para transmitir conhecimento e valores.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Herszon Meira, por todo suporte, incentivo, paciência e dedicação por sempre estar acessível para a realização deste trabalho.

RESUMO

Milhares de recifenses desperdiçam horas no trânsito em congestionamentos. A cada ano mais veículos destinados ao transporte individual são acrescentados às vias da capital pernambucana. A ausência de políticas que priorizem o transporte público, somada com o aumento acelerado na frota de automóveis e motocicletas, sobrecarregam a infraestrutura viária, resultam em congestionamentos cada vez mais constantes e com maior duração. Os veículos retidos nos congestionamentos resultam em um maior consumo de combustível, que afeta o consumidor monetariamente e aumenta a emissão de gases poluentes. A redução da velocidade operacional dos ônibus devido aos congestionamentos e veículos deficitários utilizados no transporte público faz o passageiro optar cada vez mais pelo automóvel, acrescentando mais veículos na via e reduzindo o capital faturado nos sistemas de transporte que por sua vez terá menos recurso para investir. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar alternativas viáveis para a resolução do problema de mobilidade urbana da Avenida Recife. Será analisada as alternativas do uso do *Bus Rapid Transit* – BRT e Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, visando a melhor proposta técnica, econômica e ambiental para suprir a demanda pública por mobilidade urbana.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Transporte Público Prioritário, Infraestrutura.

ABSTRACT

Thousands of Recife waste hours in traffic jams in each year more individual transport for the vehicles are added to the roads of the capital of Pernambuco. The absence of policies that prioritize public transport, coupled with the rapid increase in car and motorcycle fleet, overwhelm the road infrastructure, resulting in congestion increasingly constant and lasting longer. Vehicles stranded in traffic jams, resulting in increased fuel consumption, which affects consumer inflation and increases greenhouse gas emissions. The reduction of printed speed by bus due to congestion and loss-making vehicles used for public transportation, makes the passenger opt increasingly by car, adding more vehicles on the road and reducing the billed capital in transport systems which in turn will have less appeal to invest. This work aims to present viable alternatives to solve the problem of urban mobility Recife Avenue, Consideration will be given the alternative of using the Bus Rapid Transit-BRT and Light Rail, for better technical, economic and environmental proposal to meet the public demand for urban mobility.

Keywords: Urban Mobility, Public Transport Priority, Infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura 1: Avenida de avenida Recife.....</u>	11
<u>Figura 2: Avenida Recife, pavimento de concreto.....</u>	12
<u>Figura 3: Comparativo da ocupação do espaço Ônibus x Automóvel.....</u>	19
<u>Figura 4: Consumo de energia dos modos de transporte.....</u>	20
<u>Figura 5: Ocupação da via em diferentes modos de transportes.....</u>	20
<u>Figura 6: Índice de emissão de CO2 por passageiro transportado no Brasil</u>	21
<u>Figura 7 : Emissões de CO2 por modo na média dos centros urbanos brasileiros. .</u>	21
.....	21
<u>Figura 8 : Trecho 1 da Avenida Recife.....</u>	23
<u>Figura 9: Trecho 2 da Avenida Recife.....</u>	24
<u>Figura 10: Trecho 3 da Avenida Recife.....</u>	24
<u>Figura 11: Demonstração do sistema tradicional do BRT.....</u>	26
<u>Figura 12: Distribuição do número de cidades com corredores de ônibus e BRT por país.....</u>	27
<u>Figura 13: Produtividade de diferentes modais de transporte público urbano.....</u>	27
<u>Figura 14: Ônibus disputa espaço com carros na Avenida Cruz Cabugá.....</u>	29
<u>Figura 15: O corredor na Avenida Caxangá não possibilita ultrapassagem.....</u>	29
<u>Figura 16: O corredor eixo Norte - Sul em Curitiba possibilita ultrapassagem....</u>	30
<u>Figura 17: Trecho 1 operando com BRT.....</u>	33
<u>Figura 18: Trecho 2 operando com BRT.....</u>	33
<u>Figura 19: Trecho 3 operando com BRT.....</u>	33
<u>Figura 20: BRT com duas vias exclusivas.....</u>	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Linhas de Ônibus que trafegam pela Avenida Recife.....	12
Tabela 2: Ranking mundial de congestionamento.....	15
Tabela 3: Fluxo de deslocamentos para trabalho e estudo dentro de grandes	16
Tabela 4: Fluxo de deslocamentos para trabalho e estudo dentro de.....	16
Tabela 5: Evolução da frota veicular (de abril de 2006 a abril de 2016).....	17
Tabela 6: Evolução da frota veicular no Recife (dezembro de 2006 a abril de 2016).	18
Tabela 7: Número de passageiros transportados no Recife	18
Tabela 8 : Emissões relativas de CO2 do transporte urbano.....	22
Tabela 9: Capacidade operacional do sistema BRT.....	34
Tabela 10: Sistemas BRT's implantados no Brasil.....	35
Tabela 11: Sistemas BRT's implantados na Colômbia.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BRS	Bus Rapid Service
CTTU	Companhia de Transito e Transporte Urbano do Recife
DENATRAN	Departamento Nacional de Transito
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MEC	Ministério da Educação
NTU	Associação Nacional da Empresas de Transporte Urbano
RMR	Região Metropolitana do Recife
TRB	Transportation Research Board
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos

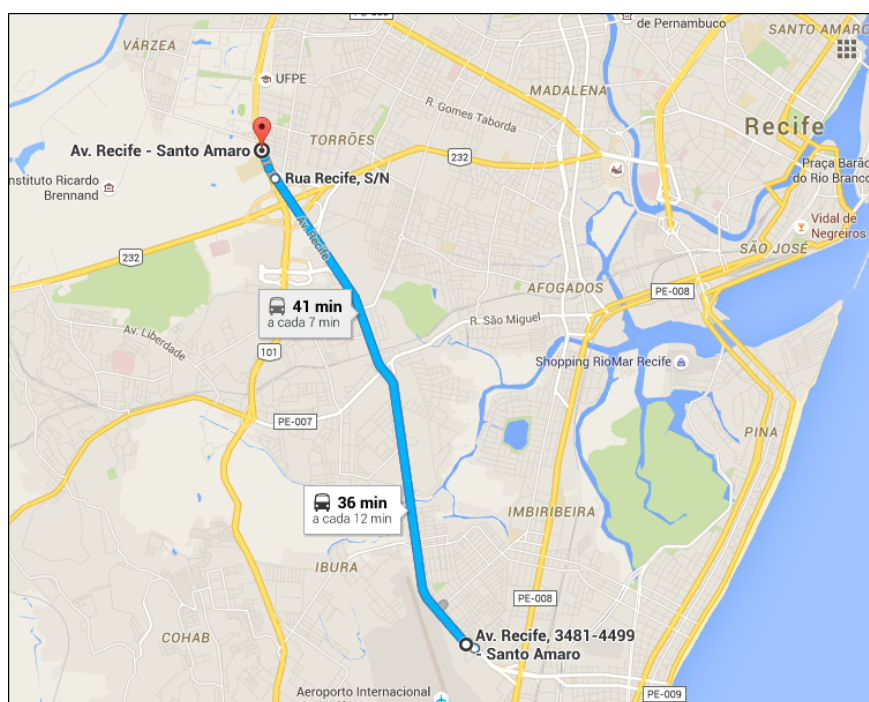
SUMÁRIO

1. <u>INTRODUÇÃO</u>	11
1.1. <u>JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO</u>	14
1.2. <u>OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS</u>	22
2. <u>REFERENCIAL TEÓRICO</u>	23
2.1. <u>BUS RAPID TRANSIT (BRT)</u>	24
2.1.1. <u>Características do Sistema BRT</u>	27
2.1.1.2 <u>Custo e tempo de Implantação</u>	Destino não encontrado!
2.1.2. <u>Desempenho operacional do Sistema BRT</u>	31
2.2. <u>VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS (VLT)</u>	36
2.2.1 <u>Características do Sistema VLT</u>	37
2.2.2 <u>Desempenho Operacional do VLT</u>	38
2.3. <u>TRANSPORTE PÚBLICO OPERANDO EM CORREDORES EXCLUSIVOS</u> Destino não encontrado!	
2.4. <u>COMPARATIVO TEÓRICO (BRT x VLT)</u>	40
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	Destino não encontrado!

1. INTRODUÇÃO

A Avenida Recife (Figura 1) é uma das principais vias arteriais da cidade do Recife. Sua extensão total é de 7,4 km, ligando a rodovia BR-101-PE, no bairro do Curado, zona oeste, até o bairro da Imbiribeira que se localiza na zona sul da cidade. Trafegam na via diariamente cerca de 52 mil veículos no horário de pico, sendo 29 mil no sentido BR-101-PE e 22 mil no sentido Imbiribeira, segundo a Gestora de Planejamento de Trânsito da CTTU, engenheira civil Amanda Maria Conceição.

Figura 1: Mapa da Avenida Recife



Fonte: Google Maps (2015).

Na maior parte de sua extensão, a Avenida Recife apresenta três faixas em cada sentido, o pavimento é do tipo rígido, com placas de concreto (Figura 2). Opera como grande artéria metropolitana e é alimentada diariamente por veículos provenientes de bairros como Boa Viagem, Imbiribeira, Ipsep, Ibura, Caçote, Areias, Jiquiá, Estância, Jardim São Paulo e San Martin.

Figura 2: Pavimento de concreto da Avenida Recife

Fonte: Google Maps (2015).

Em termos de transporte público a Avenida Recife possui 39 linhas de ônibus (Tabela 1), sendo a maior parte delas com destino ao Terminal Integrado Governador Carlos Wilson Campos (popularmente conhecido como TI Tancredo Neves). Todavia, diferente de algumas outras vias da RMR, não há nenhum tipo de modelo de operação de mobilidade urbana que priorize o transporte público na avenida, como, por exemplo, na Avenida Domingos Ferreira onde há uma faixa exclusiva para ônibus.

Tabela 1: Linhas de ônibus que trafegam pela Avenida Recife

CÓDIGO	LINHA	ITINERÁRIO	SENTIDO	TARIFA
040	CDU / Boa Viagem / Caxangá	Principal	S/C	R\$ 2,80
060	TI Tancredo Neves / TI Macaxeira	Principal	S/C	R\$ 2,80
102	Ibura / TI Santa Luzia	Principal	S/C	R\$ 2,80
106	Parque Aeronáutica / TI Santa Luzia	Principal	S/C	R\$ 2,80
110	Ibura / IPSEP	Principal	C/S	R\$ 2,80
120	IPSEP / Shopping Recife	Principal	S/C	R\$ 1,85
121	Vila da Sudene	Principal	S/C	R\$ 2,80
122	Vila do IPSEP	Principal	S/C	R\$ 2,80
123	Três Carneiros Baixo / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
124	Vila do SESI / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
125	Córrego da Gameleira / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
126	UR-03 / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
131	UR-02 (Bacurau)	Principal	S/C	R\$ 2,80

132	UR-02 (Ibura) / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
133	Três Carneiros / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
134	Lagoa Encantada / TI Tancredo Neves	Aos Sábados e Domingos	S/C	R\$ 2,80
135	UR-10 / TI Tancredo Neves	Aos Sábados e Domingos	S/C	R\$ 2,80
136	UR-05 / TI Tancredo Neves	Aos Sábados e Domingos	S/C	R\$ 2,80
137	UR-11 / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
138	Zumbi do Pacheco / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
141	Jardim Monte Verde / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
142	Alto Dois Carneiros / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
143	UR-06 / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
144	UR-04 / TI Tancredo Neves	Principal	S/C	R\$ 2,80
145	Alto Dois Carneiros (Bacurau)	Principal	S/C	R\$ 2,80
146	UR-11 (Bacurau)	Principal	C/S	R\$ 2,80
190	UR-11 / IPSEP	Principal	C/S	R\$ 2,80
204	Loteamento Jiquiá / TI Santa Luzia	Principal	S/C	R\$ 2,80
211	Vila Tamandaré	Principal	S/C	R\$ 2,80
212	Jardim São Paulo	Principal	S/C	R\$ 2,80
214	UR-02 / Ibura (Opcional)	Atendimento ao terminal do Alto Três Carneiros subúrbio / cidade	C/S	R\$ 5,25
219	TI Jaboatão (Sancho) / TI TIP	Via Fábricas 1	S/C	R\$ 2,80
233	Cavaleiro (Bacurau)	Principal	S/C	R\$ 2,80
302	TI TIP / Caxangá	Principal	S/C	R\$ 2,80
303	Curado II / Caxangá (BR-232)	Principal	C/S	R\$ 2,80
324	Jardim São Paulo (Piracicaba)	Via Justiça Federal	S/C	R\$ 2,80
360	Totó / Boa Viagem	Principal	S/C	R\$ 2,80
370	TI TIP / TI Aeroporto	Principal	S/C	R\$ 2,80
440	CDU / Caxangá / Boa Viagem	Principal	C/S	R\$ 2,80

Fonte: Grande Recife (2016).

Esse dado é particularmente importante, pois segundo dados apresentados no relatório “Sistema de Informações da Mobilidade Urbana”, da Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP, embora seja responsável por apenas 30% das viagens feitas nas maiores cidades do país, o transporte individual privado (carros e motos) recebe três vezes mais recursos públicos do que o transporte coletivo. O aumento do preço do diesel e a maior facilidade de aquisição de veículo para transporte individual mostra claramente que o transporte público não é prioridade no Brasil. Apenas uma

pequena parte das vias utilizadas pelos ônibus oferece algum tipo de preferência (ANTP, 2012a).

1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

O aumento na concentração populacional somado ao aumento da frota de veículos particulares está relacionada diretamente com os congestionamentos. A mobilidade urbana vem sendo avaliada desde a segunda metade do século XX e esta avaliação se concentrou nos países desenvolvidos da Europa e nos Estados Unidos da América. As avaliações deram origem as duas vertentes principais para a solução do problema, a americana optando pela expansão do sistema viário para suportar a demanda dos automóveis. Já a vertente europeia optou pelo forte investimento no transporte público, somando a criação de limites de utilização dos automóveis em áreas centrais. Os países em desenvolvimento começaram a avaliar a mobilidade urbana apenas nas últimas décadas do século XX, optando por seguir a vertente americana. São Paulo, Cidade do México e Bangkok são exemplos clássicos a este respeito (ANTP, 2015).

Os grandes aglomerados urbanos brasileiros padecem com congestionamentos cada vez maiores. Diariamente milhões de pessoas sofrem horas no trânsito nas grandes cidades. Em Recife – local do estudo de caso deste trabalho – 160 horas são perdidas por ano devido aos congestionamentos, tornado a capital pernambucana a 8ª cidade no mundo que mais sofre com o trânsito. Além do Recife mais duas cidades brasileiras estão situadas entre as 10 cidades em que o passageiro mais tempo perde no trânsito. O Rio de Janeiro ocupa a quarta colocação e Salvador a sétima (JORNAL DO COMMERCIO, 2016). O estudo avaliou a situação do congestionamento em 295 cidades de 38 países e 3 continentes. O resultado das horas desperdiçadas nos congestionamentos vem da subtração do tempo necessário para percorrer o mesmo percurso em situações onde não há congestionamento, das 22 horas às 5 horas (ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

As vias da cidade do Recife apresentam em média 43% de tempo de viagem extra devido ao congestionamento (Tabela 2). Esse valor no horário de pico da noite atinge a marca de 75%, resultando em 44 minutos adicionais no tempo de viagem por usuário ao dia (TOMTOM, 2016), totalizando 169 horas por ano. As horas desperdiçadas no

trânsito representam um peso econômico, pois elas poderiam ser aproveitadas na produção ou consumo de bens e serviços. Os veículos estagnados nas vias consomem mais combustível, resultando no aumento do preço dos combustíveis e mais poluição atmosférica que acarreta uma série de problemas de saúde a sociedade. Além dos poluentes provenientes do consumo do combustível, outro ônus dos engarrafamentos é a exposição a um elevado nível de ruídos. As horas ociosas no trânsito reduzem ou impossibilitam a participação em atividades físicas e lazer, além de reduzir o tempo de descanso (VEJA, 2014).

Tabela 2: Ranking mundial de congestionamento

Ran- king Mundi- al	Cidade	País	Nível de Congestionamento (tempo de viagem extra)	Pico da Manhã	Pico da Noite
1	Cidade do México	México	59%	97%	94%
2	Bangkok	Tailândia	57%	85%	114%
3	Istambul	Turquia	50%	62%	94%
4	Rio de Janeiro	Brasil	47%	66%	79%
5	Moscou	Rússia	44%	71%	91%
6	Bucareste	Romênia	43%	83%	87%
7	Salvador	Brasil	43%	67%	74%
8	Recife	Brasil	43%	72%	75%
9	Chengdu	China	41%	73%	81%
10	Los Angeles	EUA	41%	60%	81%

Fonte: TomTom (2016).

A busca de bens e serviços de qualidade, oportunidades de qualificação e empregos, são atrativos para pessoas se deslocarem para as regiões metropolitanas e grandes capitais, acarretando assim uma grande concentração populacional. No município do Recife não é diferente. São milhares de empresas instaladas, como o Porto Digital, o polo médico e 40 instituições de ensino superior. O polo médico do Recife é segundo maior do Brasil, com mais de 417 hospitais, clínicas e laboratórios, atendendo mais de 20 mil pacientes por dia; sendo superado apenas pelo polo de São Paulo (NETO, 2006). A cidade da via estudada também é referência nacional em Tecnologia da Informação e Comunicação, possuindo um grande parque tecnológico, o Porto Digital, que abriga 250 empresas ocupando uma área de 149 hectares no centro histórico da capital pernambucana (PORTO DIGITAL, 2016). A capital pernambucana possui duas universidades federais, uma universidade estadual, um instituto federal e

trinta e seis universidades e faculdades privadas (MEC, 2016). Além de possuir mais de 45 mil empresas instaladas que totalizam 808 mil postos de trabalho (IBGE, 2015).

A Região Metropolitana do Recife apresenta um fluxo diário de 429 mil pessoas que se deslocam para trabalhar e estudar (Tabela 3). Desse total 247 mil pessoas se deslocam com destino ao Recife proveniente de três cidades, 118 mil de Jaboatão dos Guararapes, 80 mil de Olinda e 49 mil de Paulista (Tabela 4).

Tabela 3: Deslocamentos (trabalho e estudo) em cidades acima de 2,5 milhões de habitantes

Concentrações urbanas	Fluxos de deslocamentos para trabalho e estudo	
	Pessoas em deslocamento	Número de ligações
São Paulo/SP	1 752 655	491
Rio de Janeiro/RJ	1 073 831	182
Belo Horizonte/MG	565 066	186
Porto Alegre/RS ¹	460 354	230
Recife/PE	429 044	102
Curitiba/PR	340 358	115
Brasília/DF	199 491	38
Fortaleza/CE	133 438	28
Salvador/BA	128 422	34

Fonte: IBGE (2010).

Tabela 4: Deslocamentos (trabalho e estudo) entre grandes cidades brasileiras

Município A	Município B	Arranjos populacionais	Pessoas que trabalham e estudam na ligação
Belo Horizonte	Contagem	Belo Horizonte/MG	119 648
Jaboatão dos Guararapes	Recife	Recife/PE	118 250
Olinda	Recife	Recife/PE	80 255
Belo Horizonte	Ribeirão das Neves	Belo Horizonte/MG	80 201
Porto Alegre	Viamão	Porto Alegre/RS ¹	66 390
Colombo	Curitiba	Curitiba/PR	61 352
Alvorada	Porto Alegre	Porto Alegre/RS	55 114
Curitiba	São José dos Pinhais	Curitiba/PR	53 324
Canoas	Porto Alegre	Porto Alegre/RS	50 315
Paulista	Recife	Recife/PE	49 484
Belo Horizonte	Santa Luzia	Belo Horizonte/MG	48 424
Belo Horizonte	Betim	Belo Horizonte/MG	41 987

Fonte: IBGE (2010).

De acordo com o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2016) o Recife possui uma frota de mais de 658 mil veículos registrados no município (Tabela 2). Desse total apenas 6.735 veículos são ônibus ou micro-ônibus, o que representa apenas 1,02% da frota municipal, e os automóveis (veículos com capacidade para até 9 pessoas) representam 58,8% dos veículos registrados (Tabela 5). Segundo a Companhia de Transito e Transporte Urbano do Recife – CTTU Recife, além dos veículos registrados no município, diariamente trafegam mais de 250 mil veículos de outros municípios pelas vias da capital pernambucana, devido a centralidade e polarização dos serviços (CTTU, 2006). Nos últimos 10 anos, a frota do município do Recife teve um aumento de mais de 87,83 % e este crescimento causou forte pressão no sistema viário.

Tabela 5: Evolução da frota veicular (de abril de 2006 a abril de 2016)

Ano	Brasil	Nordeste	Pernambuco	Recife
2006	43.039.168	5.422.937	1.081.832	350.459
2007	46.572.168	6.003.649	1.178.233	369.649
2008	51.200.130	6.757.991	1.306.288	397.026
2009	55.937.035	7.606.881	1.450.183	425.457
2010	61.014.812	8.647.568	1.630.068	465.038
2011	66.563.500	9.852.060	1.841.879	465.038
2012	72.242.959	11.090.606	2.061.174	552.168
2013	77.849.890	12.309.222	2.266.209	589.099
2014	83.248.654	13.493.125	2.454.880	619.475
2015	88.075.445	14.582.875	2.617.278	642.347
2016	91.752.333	15.496.965	2.753.369	658.264
Crescimento	113,18%	185,77%	154,51%	87,83%

Fonte: Denatran (2016).

Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) o Recife tem uma população de 1,617 milhões de habitantes. Esse valor no censo no ano 2000 era de 1,422 milhões, o que representa um acréscimo de 195 mil habitantes em 15 anos. Esse crescimento acelerado somado com ausência de medidas eficazes que priorizem o transporte público resultou no crescimento do número de automóveis. O número destes veículos passou de 250,967 mil (dezembro de 2006) para 385.620 mil (abril de 2015), uma adição de mais de 128 mil automóveis nas vias da cidade no período de 10 anos (Tabela 6).

Tabela 6: Evolução da frota veicular no Recife (dezembro de 2006 a abril de 2016)

Mês/ano	Automóvel	Ônibus	Micro-ônibus	Motocicleta
2006	250.967	2.518	1.313	41.790
2007	261.451	2.541	1.323	46.911
2008	275.839	2.727	1.370	54.752
2009	287.672	2.924	1.505	65.572
2010	307.166	3.179	1.624	77.602
2011	328.173	3.568	1.935	90.656
2012	345.538	3.965	2.239	103.568
2013	363.594	4.150	2.447	113.291
2014	375.360	4.306	2.612	122.615
2015	384.089	4.246	2.605	130.117
2016	386.813	4.119	2.616	135.069
Crescimento	54,13%	63,58%	99,24%	223,21%

Fonte: Denatran (2016).

As limitações das políticas públicas de transporte coletivo somadas com o aumento de veículos destinados ao transporte individual gerou uma redução de 104 mil passageiros de transporte público entre os anos de 2010 e 2013 (Tabela 7).

Tabela 7: Número de passageiros transportados por transporte público no Recife

Ano	Passageiros
2003	340.694.126
2004	419.272.413
2005	426.559.674
2006	426.278.299
2007	438.531.733
2008	443.437.754
2009	446.672.050
2010	488.604.192
2011	415.386.951
2012	410.262.567
2013	383.728.281

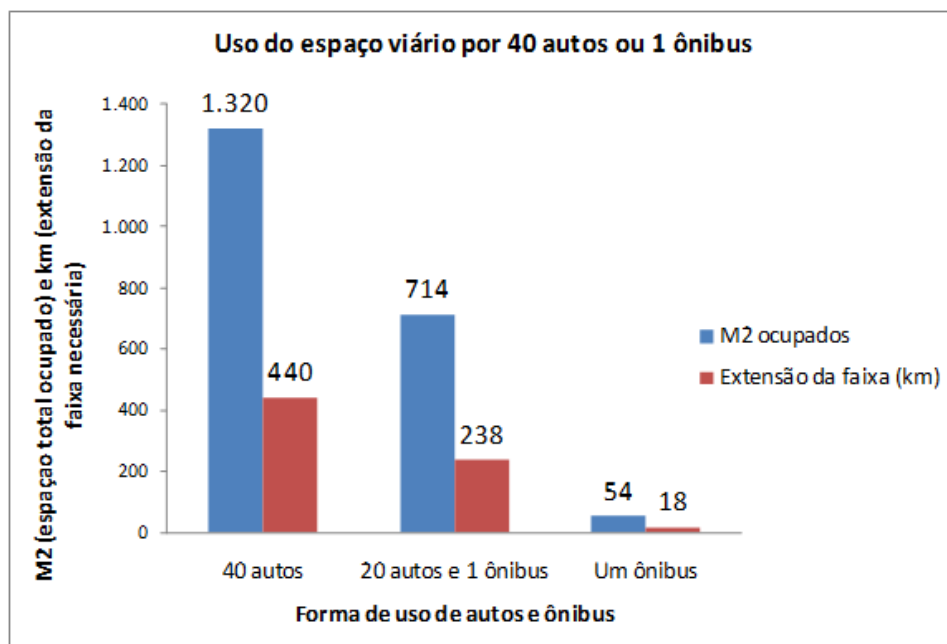
Fonte: Grande Recife (2016).

Esses dados são reflexo das gestões das cidades brasileiras que projetam as cidades para acomodar mais automóveis. Atualmente a literatura aponta que o objetivo principal das políticas públicas deveria ser o bem-estar das pessoas. Assim, a solução para o crescimento da demanda de mobilidade urbana por veículos individuais não será apenas com a expansão da infraestrutura viária. É necessário implantar estratégias que

reduzam as viagens do transporte individual, através da implantação de um sistema de transporte coletivo de excelência.

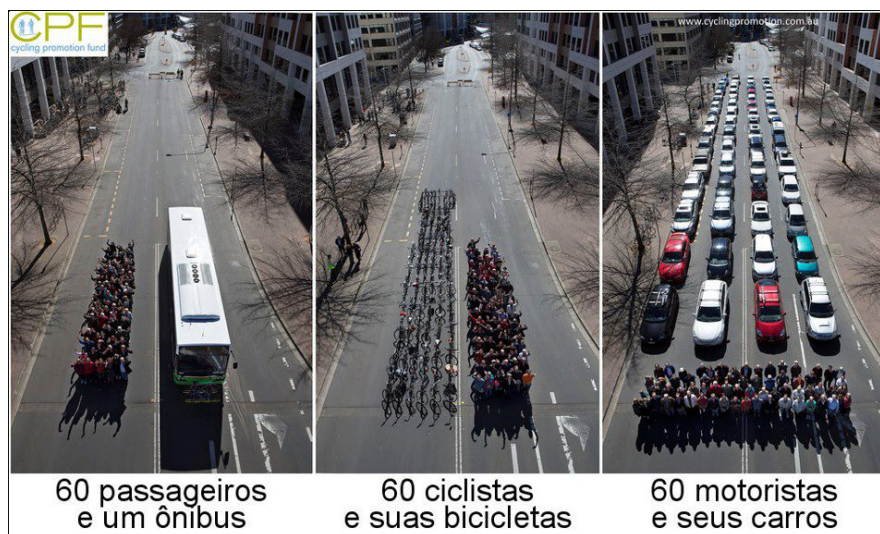
A substituição dos veículos por ônibus otimiza a ocupação do espaço nas vias (Figuras 3 e 4), reduzindo o consumo de combustível (Figura 5) e por consequência a emissão de poluentes na atmosfera (Figura 6). O valor calculado da energia gasta por distância deve ser ponderado pelo número de pessoas utilizando o modo, para ter um parâmetro comparativo entre os modos. A comparação geral das eficiências energéticas por modo revela que o automóvel consome em média 2,45 MJ/passageiro x km enquanto o ônibus comum 0,7 MJ/passageiro x Km (ANTP,2012).

Figura 3: Comparativo da ocupação do espaço (ônibus x automóvel)



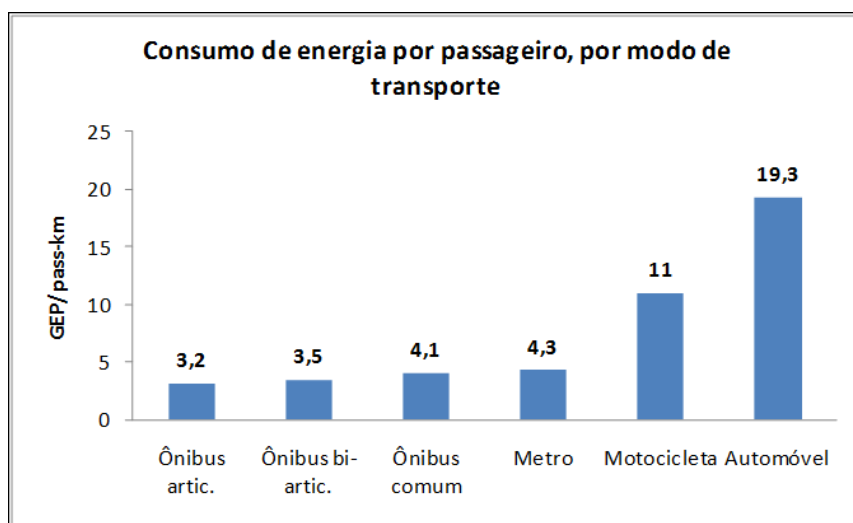
Fonte: ANTP (2012).

Figura 4: Ocupação da via em diferentes modos de transportes

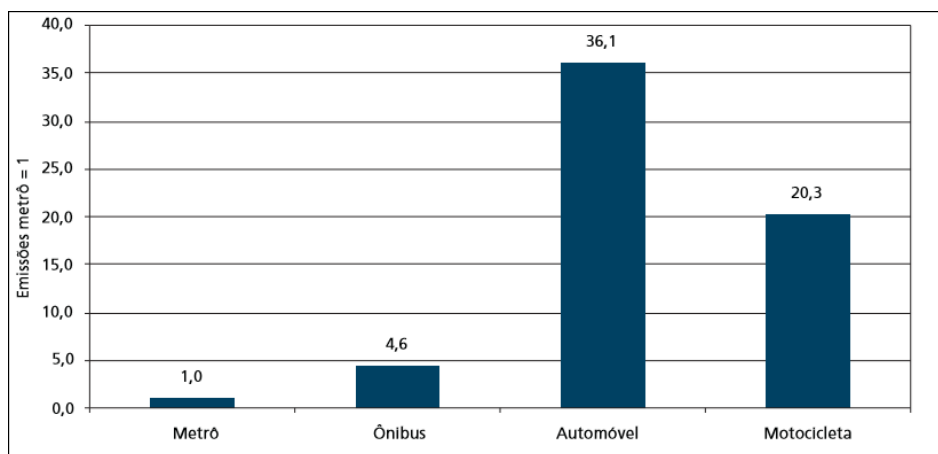


Fonte: Cycling (2016).

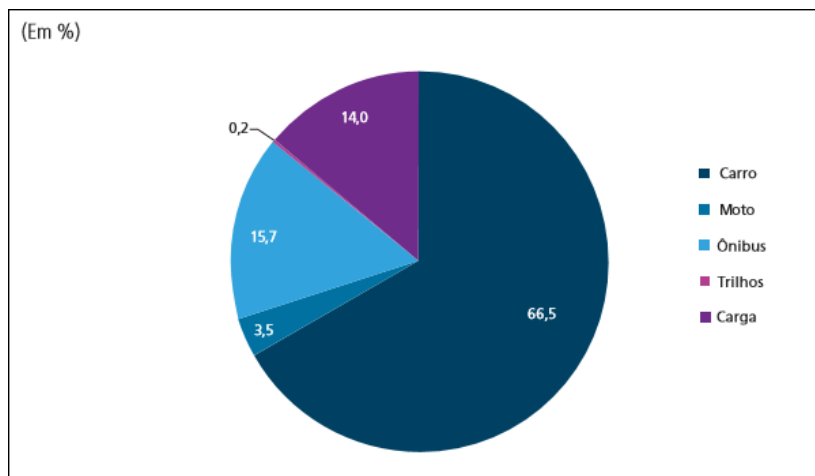
Figura 5: Consumo de energia dos modos de transporte



Fonte: ANTP (2012).

Figura 4: Índice de emissão de CO² por passageiro transportado no Brasil

Fonte: Carvalho (2011).

Figura 5: Emissões de CO² por modo na média dos centros urbanos brasileiros

Fonte: Carvalho (2011).

Segundo o levantamento realizado pelo técnico de planejamento e pesquisa do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho, observa-se que o transporte individual responde por cerca de 35% das viagens motorizadas, sendo responsável por 60 % das emissões de dióxido de carbono. O transporte coletivo urbano é responsável por 25% das emissões do gás carbônico (CARVALHO, 2011).

Tabela 8: Emissões relativas de CO² do transporte urbano

Modalidade	Emissões quilométricas KgCO ₂ /Km	Ocupação média veicular passageiros	Emissões/ Pass. km Kg CO ₂ / pass. km ¹	Índice emissão (metrô=1)	Distribuição Modal viagens motorizadas	Ext. igual Distribuição Modal Emissões	Ext. TP=2xTI ¹ Distribuição Modal Emissões
Metrô	3,16	900	0,0035	1,0	4%	0,2%	0,4%
Ônibus	1,28	80	0,0160	4,6	60%	15,7%	27,2%
Automóvel	0,19	1,50	0,1268	36,1	32%	66,5%	57,4%
Motocicleta	0,07	1,00	0,0711	20,3	3%	3,5%	3,0%
Veículos pesados	1,28	1,50	0,8533	243,0	1%	14,0%	12,1%
Total					100%	100%	100,0%

Fonte: Carvalho (2011).

1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

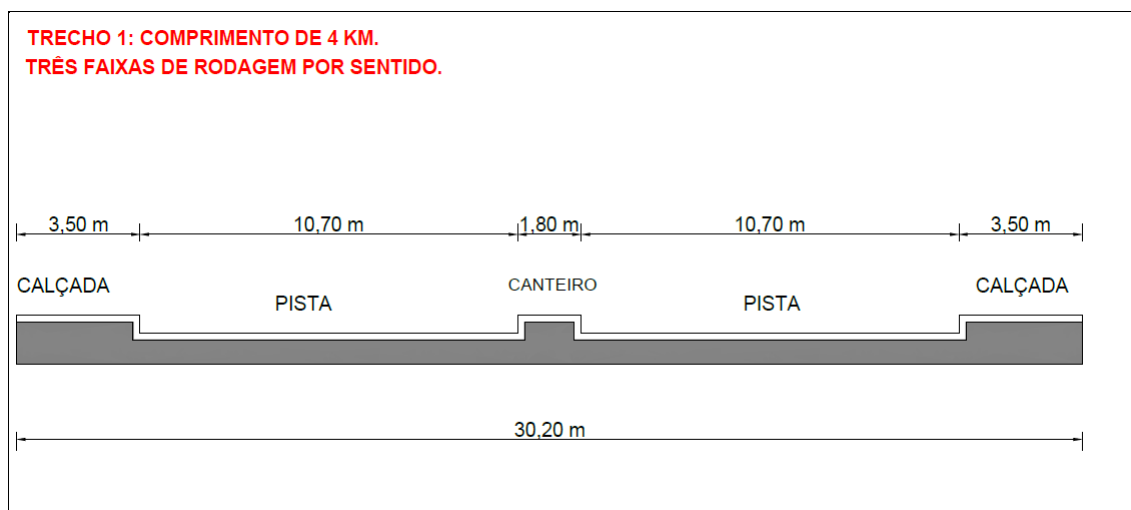
O objetivo geral deste trabalho é o estudo de alternativas que possam otimizar o transporte público na Avenida Recife. Como objetivos específicos propõe-se:

- Fazer uma revisão de literatura sobre sistemas de transporte público, como o *Bus Rapid Transit* (BRT) e o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT).
- Fazer uma revisão de literatura sobre operação de transporte público em faixas exclusivas ou *Bus Rapid Service* (BRS).
- Fazer uma comparação do desempenho operacional desses dois sistemas de transporte público.
- Analisar, sob a ótica dos conceitos estudados, qual a melhor alternativa para ser implantada na Avenida Recife.

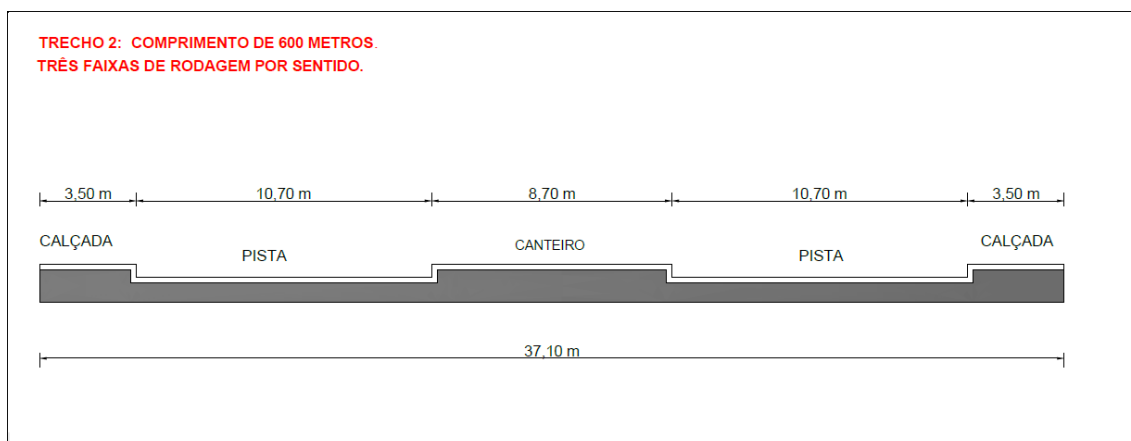
2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o projeto de otimização do transporte público da Avenida Recife, buscou-se analisar a viabilidade de implementação de três modelos que priorizem o transporte coletivo, sendo os quais: a construção de um BRT e a implantação de um Veículo Leve sobre Trilhos (VLT). Para o estudo, a Avenida Recife foi dividida em três trechos. O trecho 1 com 4 km possui um canteiro central com largura 1,80 metros, com início no bairro do Ipsep passando pela ponte do Caçote (100 metros de extensão) até o viaduto Ulisses Guimarães. O viaduto Ulisses Guimarães tem uma extensão de 200 metros sobre a Avenida Dr. José Rufino.

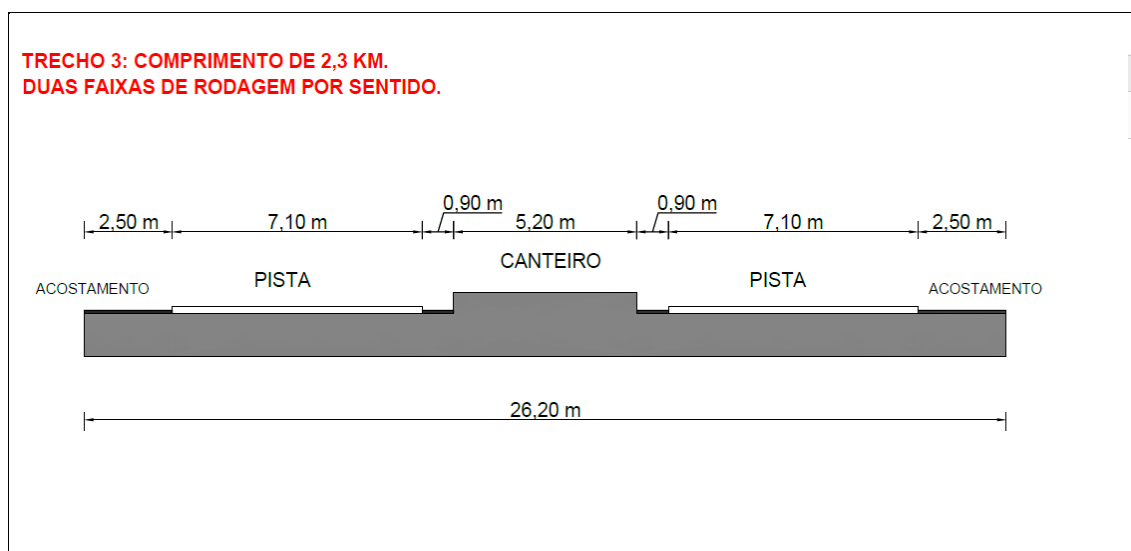
Figura 6: Trecho 1 da Avenida Recife



Após o viaduto Ulisses Guimarães inicia-se um trecho de canteiro central com largura de 1,80 metros, em seguida tem-se outro viaduto com 70 metros comprimento e duas faixas de rolamento em cada sentido da via sobre o trecho do metrô compreendido entre as estações Joana Bezerra e Werneck. O trecho 2, compreendido entre os bairros de Jiquiá e San Martin possui o canteiro central com 7,80 metros de largura e via retorna até 3 faixas de rodagem em cada sentido.

Figura 7: Trecho 2 da Avenida Recife

O último trecho da via possui 2,3 km e o canteiro central com largura de 7,80 metros e duas faixas de rolamento para cada sentido. O trecho tem o início no pontilhão localizado em San Martin e termina na rodovia BR-101-PE. Do bairro do Ipsep ao bairro de San Martin a Avenida Recife possui 4,8 quilômetros de calçadas em cada sentido da via com largura de 3,40 metros. O último trecho da via com comprimento de 2,3 km e inexistente calçada.

Figura 8: Trecho 3 da Avenida Recife

2.1. *BUS RAPID TRANSIT* (BRT)

O BRT consiste em uma alternativa de sistema de transporte público que se destaca pelo seu baixo e menor tempo de implementação em relação aos outros modais

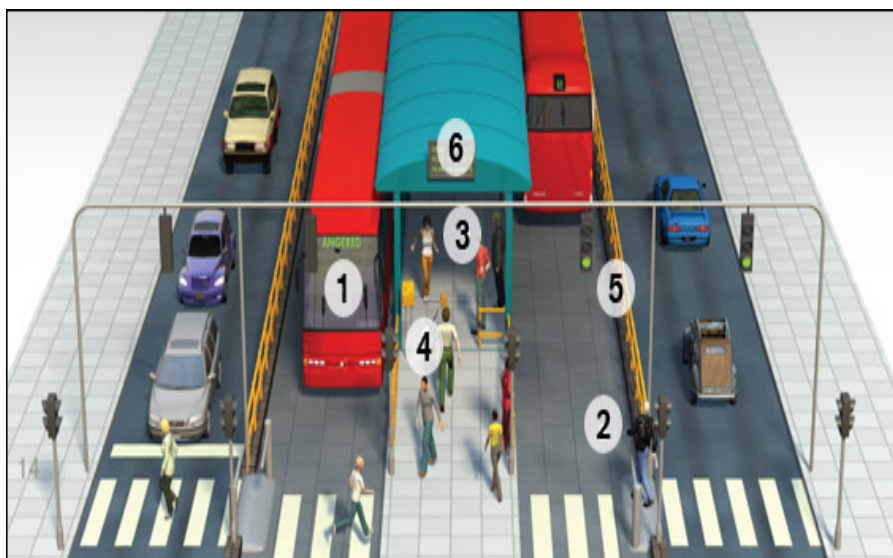
(NTU, 2011). Originalmente concebidos, testados, operados e aprovados em Curitiba, Brasil, os sistemas BRT tornaram-se referências internacionais de transporte coletivo de alto desempenho, qualidade e baixo custo. As principais cidades do mundo utilizam o conceito BRT como o principal modo de transporte de massa e como espinha dorsal para políticas sustentáveis de desenvolvimento urbano.

Bus Rapid Transit – BRT trata-se de um sistema de transporte de ônibus de alta qualidade que realiza mobilidade urbana rápida e eficiente, provido de uma infraestrutura segregada, com prioridade de passagem e operação rápida (BRASIL, 2008). O sistema possui corredores segregados com estações próprias que permitem a otimização do transporte coletivo de alta capacidade e baixo custo para o problema do transporte público, com as mesmas vantagens de um sistema de transporte ferroviário. É um modo de transporte rápido que consegue combinar a qualidade dos transportes férreos e a flexibilidade dos ônibus (Thomas, 2001). O BRT possui algumas características marcantes como: estações que propiciam o acesso em nível ao veículo, a cobrança e controle do pagamento são efetuadas antes do embarque, tecnologia de baixo ruído, prioridade semaforica ou separação física nas interseções.

A principal diferença entre o BRT e os sistemas urbanos ferroviários é simplesmente que o BRT oferece um transporte de qualidade que a maioria das cidades podem pagar. A característica mais acentuada deste sistema de transporte é o foco no usuário (BRASIL, 2008), que tem como objetivo principal transportar pessoas com rapidez, eficiência e custo efetivo, priorizando o transporte coletivo em detrimento aos carros.

A Figura 11 representa esquematicamente o sistema de operação de um BRT.

Figura 9: Demonstração do sistema tradicional do BRT

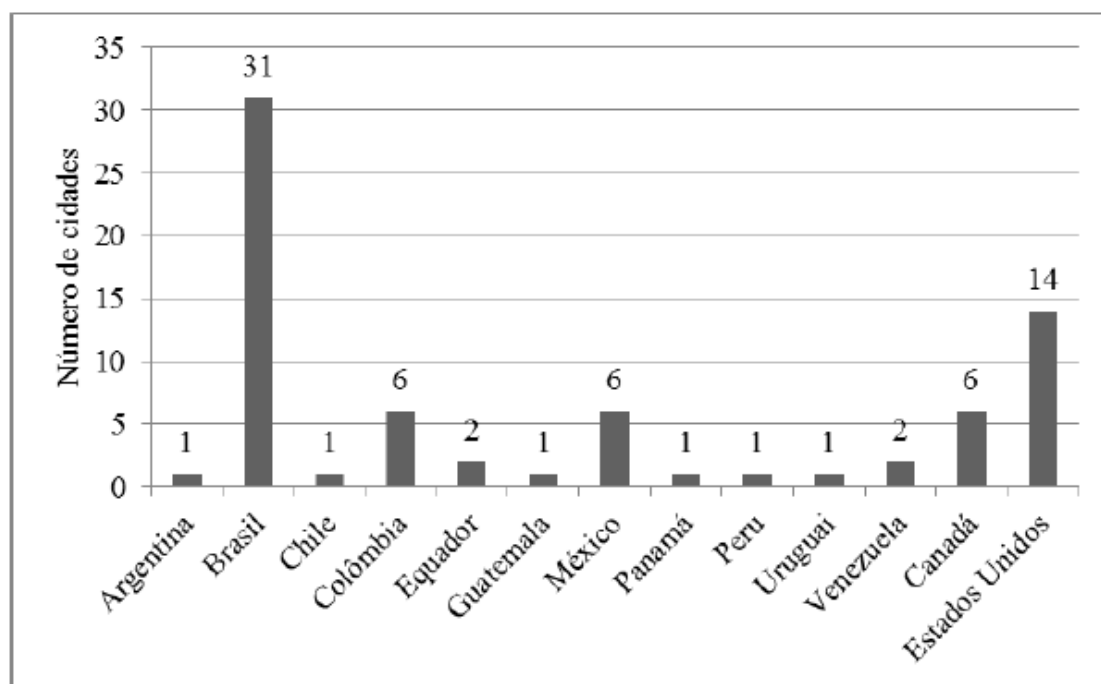


Fonte: NTU (2008).

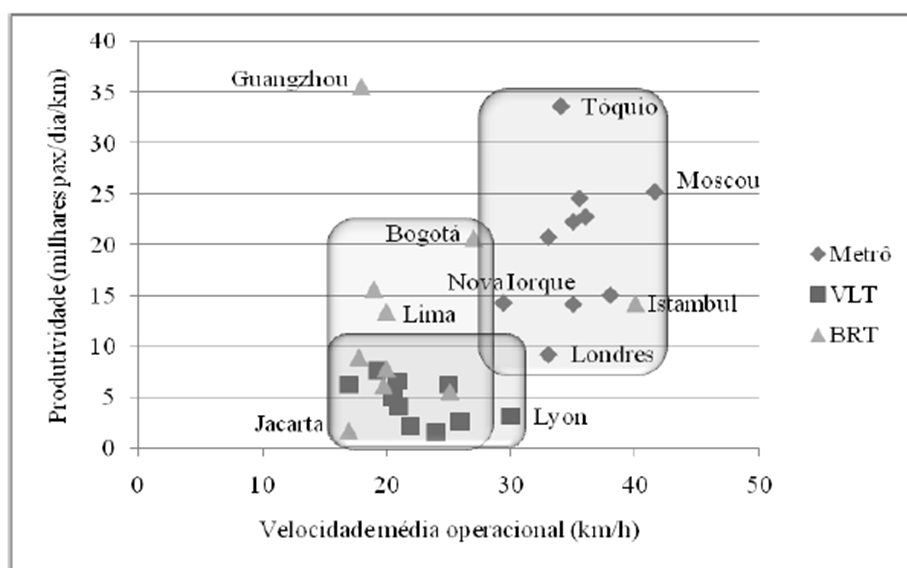
O BRT utiliza faixas exclusivas que priorizam o transporte coletivo, sendo essas acrescentadas à via original em questão ou retiradas dos veículos restantes. Isso pode ser exemplificado com o modelo implantado na Avenida Caxangá, que compõe o eixo Leste-Oeste destinado as obras de mobilidade urbana para a Copa do Mundo FIFA 2014 na cidade do Recife, onde foram feitas das faixas centrais da avenida vias exclusivas para o tráfego dos veículos adaptados a este modo.

Em termos de histórico, pode-se dizer que o ônibus é responsável por 25% de todas as viagens urbanas realizadas no Brasil, ou 85% se considerarmos apenas o contexto do transporte coletivo (ANTP, 2012). Desde 1974, Curitiba adotou o sistema que priorizou o transporte público, alcançando a condição de primeiro BRT do mundo (LINDAU *et al.*, 2013) com a adoção de: (i) ônibus articulados em 1984; (ii) estações tubo em 1991, que possibilitaram o embarque em nível e o pré-pagamento; e (iii) biarticulados em 1992.

Atualmente existem 31 cidades brasileiras que possuem um modelo BRT, segundo o BRTdata, que é uma plataforma de dados com o panorama de várias cidades pertencentes ao continente americano que possuam corredores exclusivos para ônibus e BRT (LINDAU *et al.*, 2013).

Figura 10: Distribuição de cidades com corredores de ônibus e BRT por país

Fonte: Lindau *et al.* (2013).

Figura 11: Produtividade de diferentes modos de transporte público urbano

Fonte: Lindau *et al.* (2013).

2.1.1. Características do Sistema BRT

Os principais pontos que devem ser analisados para o desenvolvimento de um projeto que se adeque ao sistema BRT são (BRASIL, 2008):

Infraestrutura física:

- Vias de ônibus segregados ou faixas exclusivas, predominantemente no canteiro central da via;
- Vias que possibilitem ultrapassagem nas estações;
- Existência de uma rede integrada de corredores e linhas
- Estações que oferecem acesso em nível entre a plataforma e veículo;
- Espaçamento médio entre as estações afim de proporcionar uma velocidade satisfatória de operação;
- Estações modernas com instalações de conveniência, conforto, segurança e abrigo contra as intempéries do tempo.

Operacional:

- Embarques e desembarques rápidos;
- Serviços rápidos e frequentes entre os principais origens e destinos;
- Ampla capacidade para demanda de passageiros;
- Veículos articulados com várias portas e portas largas
- Cobrança e controle de pagamento antecede o embarque;
- Integração tarifárias entre linhas, corredores e serviços alimentadores.

Tecnologia:

- Prioridade semaforica ou separação física nas interseções;
- Veículos que apresentam baixas emissões de poluentes;
- Tecnologias veiculares de baixos ruídos;
- Cobrança e verificações das tarifas automatizadas;
- Sistema de gerenciamento por controle centralizado, utilizando aplicações de Sistema de Tráfego Inteligente, tais como localização automática do veículo.

Estrutura Institucional e de negócios:

- Licitação competitiva e processos transparentes na premiação de contrato e licitações;
- Gerenciamento eficiente resultando na eliminação ou minimização de subsídios do setor público para a operação do sistema;
- Sistema de cobrança de tarifas operado e gerenciado por entidade independente;

- Fiscalização do controle de qualidade exercido por uma agência independente;
- Entrada no sistema restrita a operadores prescritos, com uma estrutura administrativa e de negócios renovados.

Os corredores que proporcionam ultrapassagem nas estações estão majoritariamente localizados na América Latina. Em muitas cidades latino-americanas, os corredores com prioridade para ônibus despontam como o principal meio de transporte urbano. Nos BRT, a ultrapassagem nas estações possibilita não só uma maior capacidade de transporte como a operação conjunta de diferentes serviços expressos acelerados e paradores ao longo do corredor (LINDAU *et al.*, 2013). O sistema que está sendo implantado na Região Metropolitana do Recife (RMR), carece de uma faixa de ultrapassagem tanto nos corredores BRT's como nos corredores exclusivo para ônibus (Faixa Azul). Os corredores BRT's das Avenidas Cruz Cabugá (Figura 12) e Caxangá (Figura 13) não possuem vias segregadas e não proporcionam ultrapassagem nas estações. Essas ausências reduz a velocidade do veículo e possibilita a inserção de veículos não autorizados a circular na via. A fim de garantir êxito na proposta Avenida Recife, será necessária a segregação da via e pontos de ultrapassagem nas estações para garantir a confiabilidade do transporte, garantindo serviços rápidos e frequentes entre os principais origens e destinos.

No corredor do BRT no eixo Norte-Sul de Recife (Figura 14) podemos observar a via segregada e o trecho da via que possibilita a ultrapassagem na estação.

Figura 12: Ônibus disputa espaço com carros na Avenida Cruz Cabugá



Fonte: Google Maps (2015).

Figura 13: O corredor na Avenida Caxangá não possibilita ultrapassagem



Fonte: Google Maps (2015).

Figura 14: O corredor eixo Norte - Sul em Curitiba possibilita ultrapassagem



Fonte: Google Maps (2015).

Pré-pagamento e embarque em nível aumentam a capacidade de transporte dos corredores, pois possibilita menores tempos de entrada e saída dos passageiros nos ônibus. Outra característica física importante é distância média entre as estações no modelo BRT, quanto maior for o espaçamento entre as estações, maiores serão as velocidades médias de operação. Atualmente, no Brasil, as estações seguem o espaçamento convencional estabelecido na década de 1980 com estações sendo implantadas a cada 301 a 400 m (TRB, 2003).

O Manual de BRT (BRASIL, 2008), define como serviço de transporte competitivo com o carro, como sendo aquele que consiga apresentar vantagens quanto ao tempo de viagem, ao conforto, ao custo e conveniência. Projetar o sistema BRT para manejar uma alta demanda de passageiros de maneira veloz é o principal fundamento para fornecer um sistema competitivo em relação aos carros. A capacidade e a velocidade são características peculiares do BRT que o distinguem dos serviços de ônibus convencionais.

Segundo o arquiteto e urbanista Jaime Lerner (LERNER, 2009), referência mundial em planejamento urbano, o prazo de implantação de um eixo de BRT no Brasil, onde é comum o financiamento público e obras de terminais e pistas exclusivas, são da ordem de 24 a 36 meses. E o custo de implantação do Sistema BRT é de 11 milhões de reais por quilômetro para demanda de 150 mil passageiros por dia.

2.1.2. Desempenho operacional do Sistema BRT

Quanto a operação do sistema BRT, ele pode ser classificado como sistema aberto ou sistema fechado de acordo com acesso aos corredores, a extensão do acesso afeta diretamente a velocidade dos veículos e o impacto ambiental. No sistema aberto o acesso é liberado a qualquer veículo levando mais que um certo número de passageiros. *Oxford Street* em Londres e a Ponte Verazano em Nova Iorque autorizam o tráfego de ônibus e táxis. O sistema de Ottawa autoriza o tráfego dos ônibus desenhados para o sistema quanto aos ônibus interurbanos. Os sistemas de Bogotá e Curitiba adotam o sistema fechado, permitindo o acesso apenas aos operadores específicos do sistema e veículos especialmente desenhados (BRASIL, 2008).

A ausência de restrição de acesso aos corredores resulta em um acréscimo dos veículos e por consequência a redução da velocidade média e aumento no tempo de viagem, descaracterizando o sistema transporte rápido.

Esses corredores de ônibus oferecem um espaço não-congestionado, mas não resolvem os problemas nas paradas de ônibus, resultando em perda de fluidez. Muitas experiências com corredores mais carregados na América Latina e China têm agora demonstrado que os problemas operacionais dos sistemas ‘abertos’ não podem ser

resolvidos sem integração e sem a reestruturação das linhas superpostas na mesma faixa exclusiva (LERNER, 2009).

Os corredores de Bogotá operavam em sistema aberto, o excesso veículos resultou em congestionamento tornando o sistema ineficiente para atender a demanda por mobilidade da população. Em contrapartida o desenvolvimento do sistema fechado Transmilênio operado no mesmo corredor provou que é possível melhorar drasticamente os tempos de viagem e o conforto do usuário (BRASIL, 2008).

O sistema BRT implantado em Bogotá se tornou o primeiro a receber recursos do mecanismo de desenvolvimento de sistema limpo do Protocolo de Quioto, em que os países ricos podem pagar pelos projetos desenvolvidos em países em desenvolvimento que efetivamente reduzam a emissão de gases que provocam o efeito estufa. Como o projeto Transmilênio retirou diversos veículos privados das vias, organizando o sistema de transporte e sobretaxando a gasolina, contabilizou-se a redução de 300 mil toneladas de dióxido de carbono por ano, gerando recursos da ordem de 3 milhões de reais por ano a cidade (CARVALHO, 2011).

Como proposta do sistema de BRT para a Avenida Recife, imaginou-se a adoção de duas faixas de rodagem segregadas por sentido (Figura 15), sendo uma linha paradora e outra direta, operando com veículos biarticulados. A estação ficaria alocada no canteiro central e o embarque e desembarque dos usuários ocorreria através da porta esquerda do veículo. Segundo o idealizador do sistema BRT de Curitiba Jaime Lerner, este sistema possui capacidade operacional para atender a demanda de 48.000 usuários por hora em cada sentido (Tabela 9).

Figura 15: Trecho 1 operando com BRT

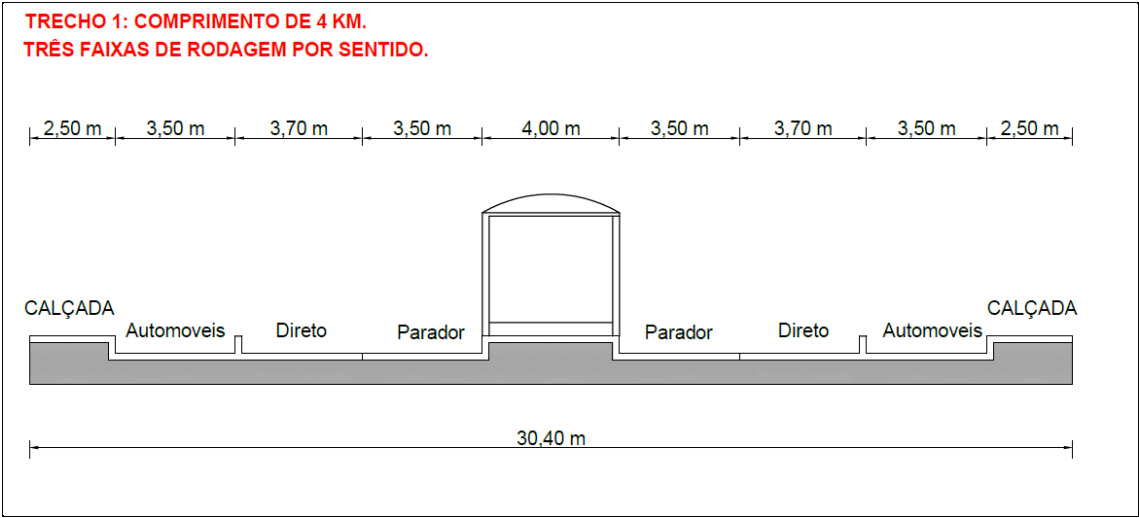


Figura 16: Trecho 2 operando com BRT

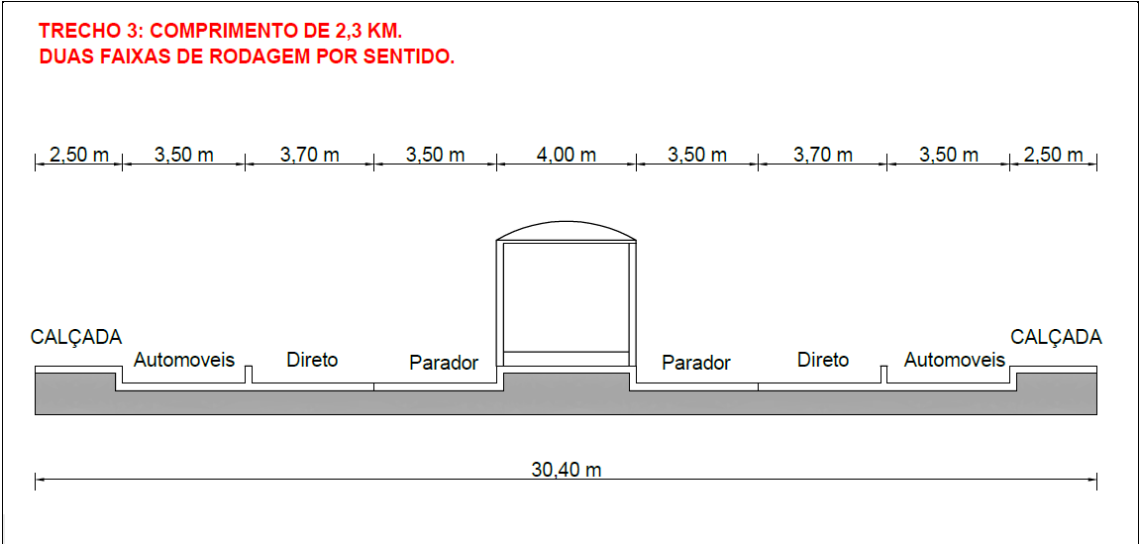


Figura 17: Trecho 3 operando com BRT

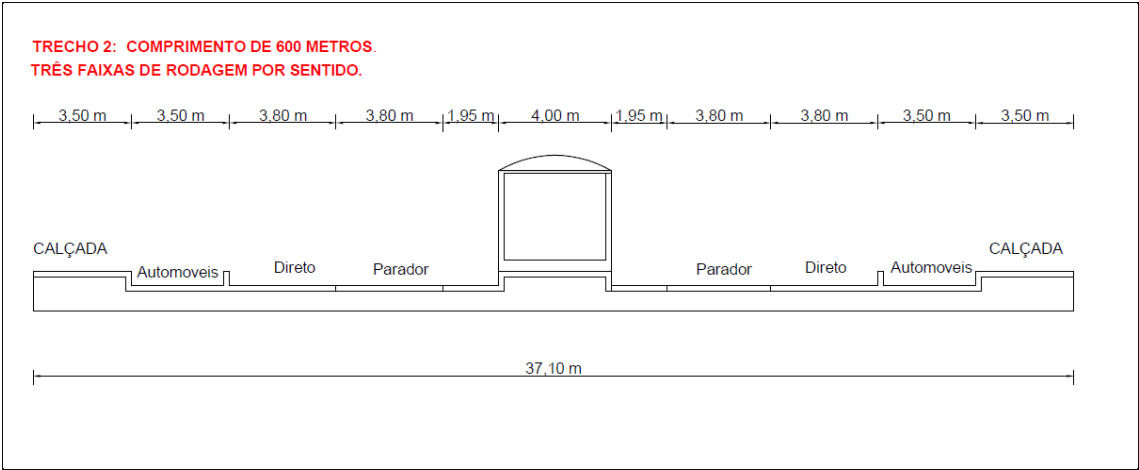
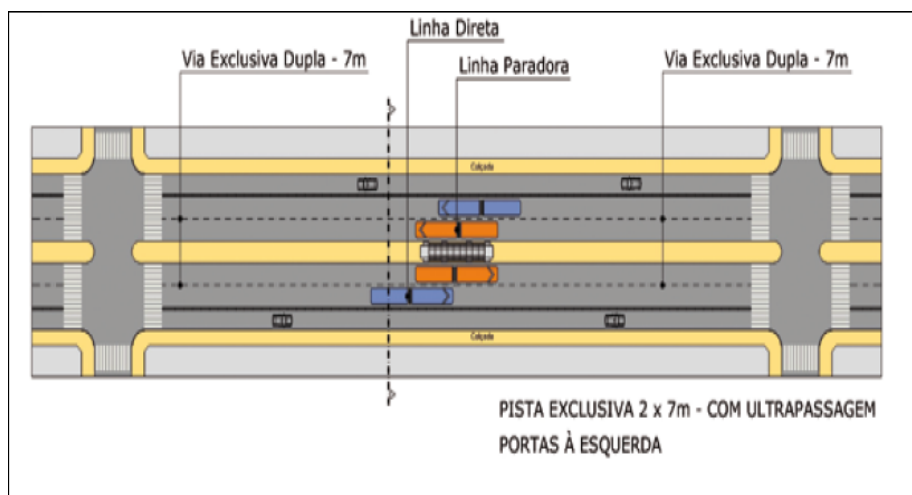


Figura 18: BRT com duas vias exclusivas

Fonte: Lerner (2009).

Tabela 9: Capacidade operacional do sistema BRT

TIPO DE VEÍCULO	TIPO DE VIA	TIPO DE ESTAÇÃO	TIPO DE LINHA	Velocidade (km/h)	Capacidade (pass/veic)	Intervalo (minutos)	Frequência (veic/h)	Capacidade (pass/h)
Articulado	7,0 m	sem ultrapassagem	Paradora	20	160	1,0	60	9.600
TOTAL							60	9.600
Biarticulado	7,0 m	sem ultrapassagem	Paradora	20	270	1,0	60	16.200
TOTAL							60	16.200
Articulado	7,0 m	sem ultrapassagem	Paradora	20	160	1,0	60	9.600
Articulado	7,0 m	com ultrapassagem	Direta	35	160	0,5	120	19.200
TOTAL							180	28.800
Biarticulado	7,0 m	sem ultrapassagem	Paradora	20	270	1,0	60	16.200
Biarticulado	7,0 m	com ultrapassagem	Direta	35	270	0,5	120	32.400
TOTAL							180	48.600

Fonte: LERNER (2009).

Enquanto as cidades em desenvolvimento discutiam a possibilidade da implantação de metrô ponderando o alto investimento necessário para esta tecnologia, a cidade de Curitiba revolucionou o que o mundo conhecia como transporte coletivo nos anos 1970. A eficiência do sistema implantado na capital paranaense serviu de exemplo para gestão de outras cidades, como Quito e Bogotá. Em Bogotá, o Transmilenio sofisticou o sistema BRT e diferentemente das apertadas estações-tubo de Curitiba foram implantadas estações espaçosas em Bogotá. A sofisticação do sistema de Bogotá

foi devido à alta demanda, pois a cidade colombiana possui 8 milhões de habitantes. Já a brasileira 1,6 milhões, o que solicitou inovação e melhorias por parte dos gestores locais.

Tabela 10: Sistemas BRT's implantados no Brasil

Brasil				
BRT Feature	Curitiba	Goiânia	São Paulo (Interligado)	Porto Alegre
Ano de inauguração	1972	1976	2003	1977
Número de corredores troncais	6	2	9	8
Extensão total de corredores troncais	64,6 km	35 km	129,5 km	45,6 km
Número de linhas troncais	12	1	> 40	> 40
Localização das faixas da via de ônibus	Laterais e centrais	Central	Central	Central
Lado das portas do ônibus	Calçada (direito)	Central (esquerdo)	Ambos	Calçada (direito)
Tipo de material de pavimentação das vias	Asfalto	Asfalto	Asfalto	Asfalto
Tipo de material de pavimentação das vias nas estações	Concreto	Concreto	Concreto	Asfalto
Extensão total de linhas alimentadoras existentes	Não disponível	Não disponível	Não aplicável	Não aplicável
Extensão projetada futura de corredores troncais	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Não disponível
Número de estações	123	23	235	128
Distância média entre estações	540 m	560 m	500 m	550 m
Número de estações com ultrapassagens	0	0	43	0
Número de terminais	16	5	27	1
Número de garagens	12	Não disponível	Não disponível	Não disponível
Número total de viagens diárias do sistema	562.000	140.000	2.780.000	900.750
Demanda atendida na hora de pico (passageiros por hora por sentido)	20.000	11.500	34.900	28.000
Demanda fora de pico (passageiros por hora por sentido)	Não disponível	Não disponível	Não disponível	Não disponível
Velocidade média comercial	19 km/h	18 km/h	22 km/h	15 km/h
Headway médio na hora de pico	2 minutos	40 segundos	30 segundos	30 segundos
Headway médio fora da hora de pico	6 minutos	2 minutos	45 segundos	2 minutos
Tempo médio de parada nas estações	22 segundos	20 segundos	30 segundos	30 segundos
Número de veículos troncais	232	87 Artic. / 5 Biartic.	Não disponível	Não disponível
Tipo de veículo troncal	Bi-Articulado	Articulado e Biartic.	Articulado e Padrão	Padrão
Tipo de combustível dos veículos troncais	Euro 3 Diesel	Euro 2/3 Diesel	Diesel	Diesel
Capacidade de passageiros dos veículos troncais	270	160 & 270	100	100
Comprimento do veículo troncal	24 m	18,5 m & 25 m	18,5 m	12 m
Número de veículos alimentadores	Não disponível	Não disponível	Não aplicável	NA
Tipo de sistema de guia, se aplicável	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Tipo de tecnologia de verificação e cobrança de tarifas	Cartão eletrônico	C. eletr. e tarja magn.	Cartão eletrônico	Cartão eletrônico
Número de interseções com prioridade semafórica	0	0	0	0
Número de interseções com separação de nível	0	0	0	1
Tarifa (US\$)	0,74	0,59	1,00	0,68
Custo total de planejamento (US\$)	380.000	Não disponível	Não disponível	Não disponível
Custo médio de veículos troncais (US\$)	395.000	US\$ 220.000	Não disponível	Não disponível
Custo total de infra-estrutura (milhões de US\$/km)	1,1 – 6	1,3	2 – 22	1,2

Fonte: LERNER (2009).

Tabela 11: Sistemas BRT's implantados na Colômbia

Característica do BRT	Bogotá (TransMilenio)	Pereira (Megabus)
Ano de inauguração	2000	2006
Número de corredores troncais	6	2
Extensão total de corredores troncais	84 km	15 km
Número de linhas troncais	84	3
Localização das faixas da via de ônibus	Central	Central
Lado das portas do ônibus	Central (esquerdo)	Central (esquerdo)
Tipo de material de pavimentação das vias	Concreto	Concreto
Tipo de material de pavimentação das vias nas estações	Concreto	Concreto
Extensão total de linhas alimentadoras existentes	212 km	Não disponível
Extensão projetada futura de corredores troncais	388 km	16,7 km
Número de estações	107	38
Distância média entre estações	500 m	395 m
Número de estações com ultrapassagens	Não disponível	0
Número de terminais	7	2
Número de garagens	7	1
Número total de viagens diárias do sistema	1.450.000	100.000
Demanda atendida na hora de pico (passageiros por hora por sentido)	45.000	6.900
Demanda fora de pico (passageiros por hora por sentido)	28.000	Não disponível
Velocidade média comercial	27 km/h	20 km/h
Headway médio na hora de pico	3 min	3-5 min
Headway médio fora da hora de pico	5 min	5 min
Tempo médio de parada nas estações	25 segundos	20 segundos
Número de veículos troncais	1.013	51
Tipo de veículo troncal	Articulado	Articulado
Tipo de combustível dos veículos troncais	Diesel Euro 2/3	Diesel Euro 2
Capacidade de passageiros dos veículos troncais	160	160
Comprimento do veículo troncal	18,5 m	18,5 m
Número de veículos alimentadores	407	85
Tipo de sistema de guia, se aplicável	Nenhum	Nenhum
Tipo de tecnologia de verificação e cobrança de tarifas	Cartão eletrônico	Cartão eletrônico
Número de interseções com prioridade semaforica	0	0
Número de interseções com separação de nível	3	0
Tarifa (US\$)	0,58	0,48
Custo total de planejamento (US\$)	5,3 milhões	Não disponível
Custo médio de veículos troncais (US\$)	200.000	200.000
Custo total de infra-estrutura (milhões de US\$/km)	5,3 (Fase I) 13,3 (Fase II)	1,7

Fonte: LERNER (2009).

2.2. VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS (VLT)

O sistema VLT representa uma modernização dos sistemas de bondes operantes em diversas cidades ao redor do mundo desde o início do século XX. Estes sistemas tradicionais dividiam o espaço viário com o tráfego comum, o que, além de deteriorar a qualidade do deslocamento, representava também riscos para a integridade da infraestrutura férrea.

Desde a década de 1960, o sistema passa por contínuas modernizações que o distanciam dos tradicionais bondes no que diz respeito a inovações no veículo, à prioridade de passagem, ao design das estações, à operação e ao papel desempenhado nas cidades. Atualmente tais mudanças se assemelham com o modo de operação do BRT. O VLT atua em faixas exclusivas de deslocamento constando com uma maior ligação com diferentes modais, tais como, terminais de ônibus e metrô. Outro ponto

marcante é o conforto proporcionado aos passageiros e o mínimo de ruído operacional (MAROJA *et al.*, 2013).

O VLT é o maior representante do transporte público de média performance nos países em que já havia vias implementadas, como Alemanha, Holanda, França e algumas cidades dos EUA. Além disso, desde o reconhecimento da importância deste modal para a constituição de um sistema integrado, diversas linhas foram construídas em cidades de países desenvolvidos, como Inglaterra e Espanha e em desenvolvimento, como Turquia, Filipinas e México (*ibid.*).

Com o aumento do número de lugares ofertados e da velocidade operacional associado à redução da mão-de-obra empregada, a produtividade deste meio de transporte em termos de oferta de assentos-km por tripulação cresceu em torno de 20 vezes reduzindo drasticamente os custos operacionais (*ibid.*).

A tecnologia tem uma vasta gama de aplicação, dada a diversidade de configurações possíveis em termos de infraestrutura, composição dos veículos e fatores operacionais. Assim, o VLT está adaptado tanto para distribuir passageiros em áreas centrais com grande concentração de pedestres através de velocidades inferiores e prioridade de passagem reduzida, quanto para conectar zonas periféricas, através de vias exclusivas, operando em altas velocidades.

Os veículos leves sobre trilho são uma forma de transporte de massa adequada para distâncias entre 10 km e 40 km. É possível posicioná-lo entre o metrô e o bonde elétrico, sendo considerado como uma boa alternativa na solução para problemas de transporte, congestionamento nos centros das grandes cidades e também na ligação com os subúrbios (DE BRUIJN e VEENEMAN, 2009).

2.2.1 Características do Sistema VLT

O sistema VLT geralmente atende à demanda de transporte existente entre o ônibus e o metrô pesado, geralmente não tem a sua faixa totalmente segregada. De acordo com seu grau de segregação e tecnologia utilizada, pode garantir uma capacidade de transporte que varia de 15.000 a 35.000 passageiros/hora/sentido. Ele

pode ser um VLT de superfície, com segregação parcial, com faixa reservada nas grandes avenidas e ruas, mas compartilhando a via até com pedestre nos centros históricos. Ele pode ser um VLT com a faixa totalmente segregada, aproximando-se bastante do metrô leve (ALOUICHE, 2010).

O autor destaca como principal característica de um veículo leve sobre trilhos, a sua adaptação harmônica com o meio urbano e paisagístico. Sua implantação é fruto de um projeto associado a renovação urbana, não se limitando a simplesmente transportar pessoas. O VLT é limpo e não produz poluição nenhuma por ser a tração elétrica, além de se destacar em segurança, rapidez, conforto, suavidade nos movimento e flexibilidade. É adaptável ao traçado, capaz de vencer rampas e realizar curvas fechadas. Sua implantação pode ser realizada por etapas e possui fácil integração com outros modos, como o ônibus e automóveis (ibid).

O custo de implantação de um corredor do sistema VLT é de R\$ 40,4 milhões por quilômetro de via para a demanda de 150.000 passageiros por dia, com o prazo total de 5 anos (Lerner, 2009).

2.2.2 Desempenho Operacional do VLT

Segundo Peter Alouche, um Veículo Leve sobre Trilhos tem a capacidade de transportar 30.000 usuários por hora (ALOUICHE, 2010).

Aspectos positivos:

- Não há emissão de poluentes na atmosfera, pois utiliza energia elétrica como fonte de energia;
- Não há emissão de ruídos;
- Adaptação perfeita ao meio urbano e paisagístico, o projeto é associado a uma renovação urbana;
- Seguro, rápido e desenvolve movimentos suaves;
- Torna a cidade mais humana e habitável;
- Compatível com os pedestres e adaptável aos centros históricos;
- Pode ser implantado por etapas, flexibilidade financeiras;
- Integra-se facilmente com ônibus e metrô;

- Adaptável ao traçado, capacidade de vencer rampas e curvas fechadas;
- Ciclo de vida superior a 30 anos, alternativa de transporte durável e desenvolvimento sustentável.

Aspectos negativos:

- Não possui flexibilidade para operar fora do corredor;
- O custo do material rodante no Brasil é elevado devido ao fator de escala;
- A operação e manutenção necessitam de uma infraestrutura complexa;

Figura 19: Espaço da avenida Recife destinado ao VLT

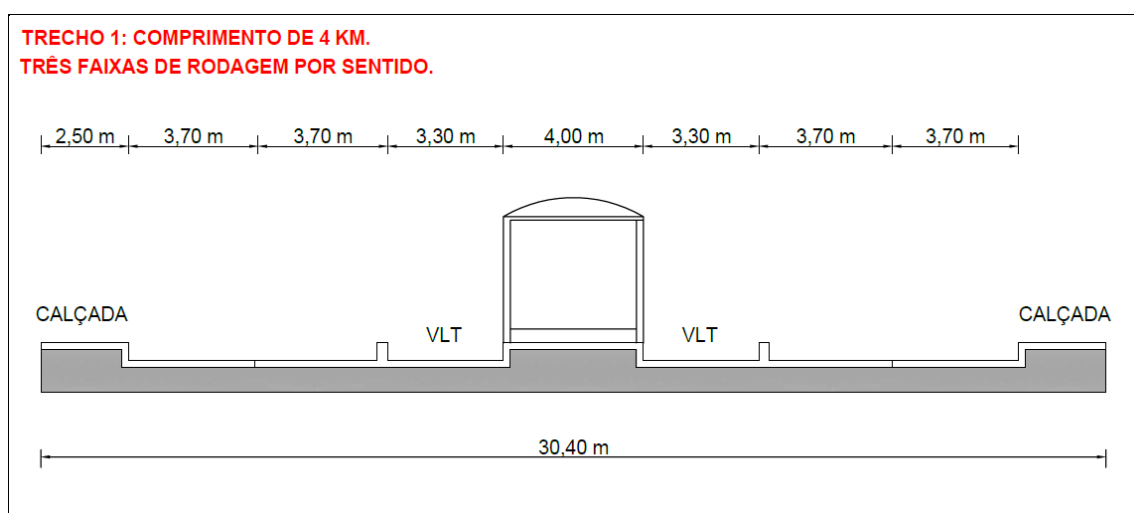
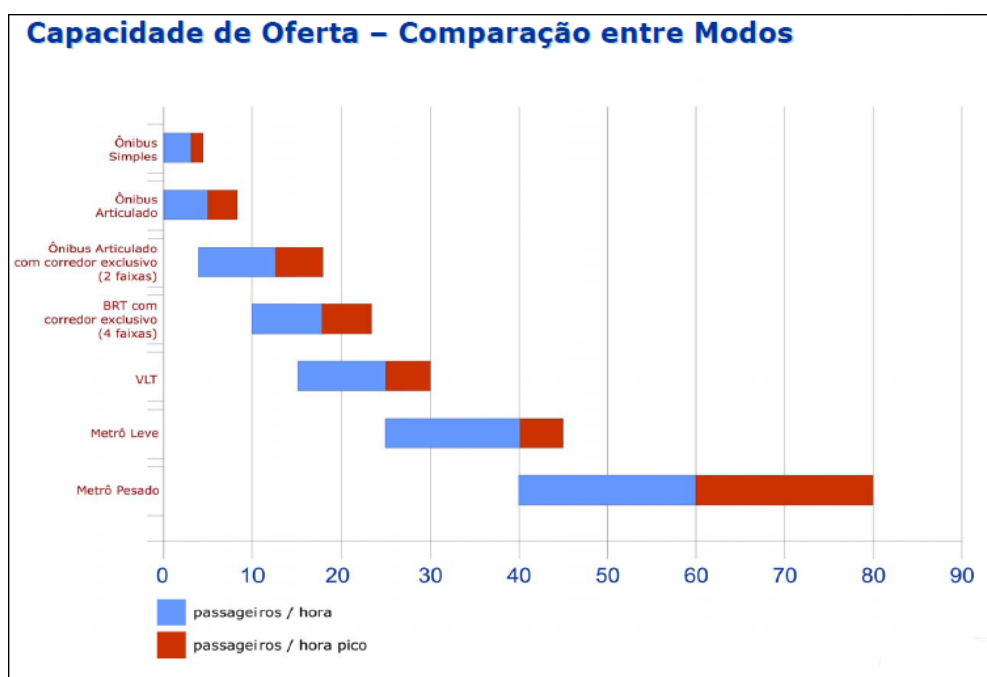
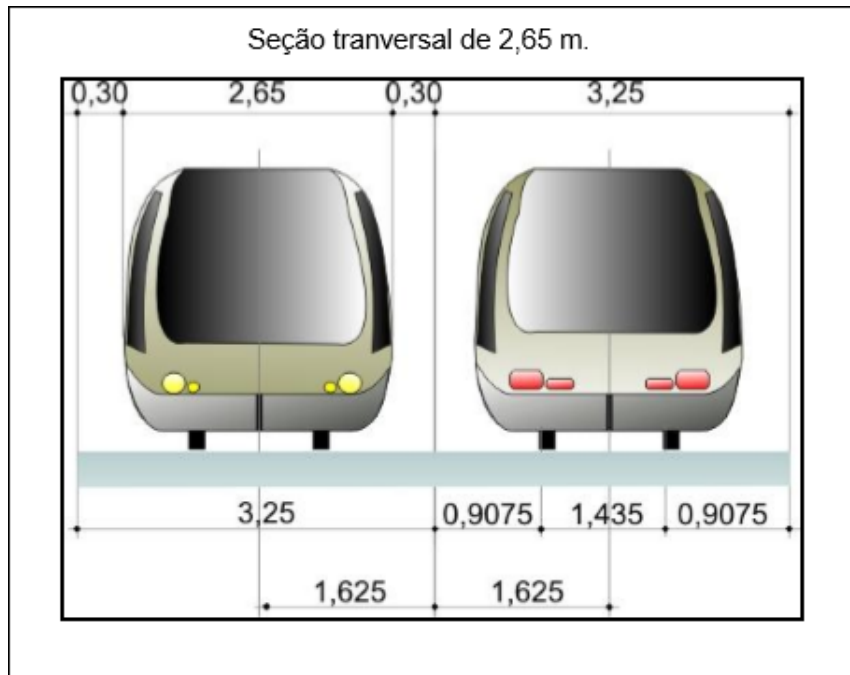


Figura 20: Capacidade Operacional VLT x BRT



Fonte: Alouche (2010).

Figura 21: Seção transversal do veículo



Fonte: Mobilize (2016).

2.3. COMPARATIVO TEÓRICO (BRT x VLT)

Ambos os sistemas apresentam um modo operacional semelhante utilizando vias segregadas, veículos com capacidade maior e assumem um papel de maior comunicação entre os demais modais, diferenciando no modo de locomoção.

Em termos gerais, o tempo de execução para construção de uma via BRT é mais econômico que para a construção da mesma num sistema VLT. O custo por km de um BRT de alta qualidade é aproximadamente dois terços de um VLT (OLIVEIRA e ROSA, 2013).

Ambos têm o poder de valorizar o uso do solo em sua vizinhança, o VLT é mais atrativo pelo fato de possuir veículos de maior capacidade, menos ruído e menor impacto ambiental causado. Contudo, para operar um sistema VLT é necessária uma maior quantidade de investimento de tecnologias. Em contrapartida, requer um número menor de mão-de-obra.

No aspecto poluição o Veículo Leve sobre Trilho possui ampla vantagem em relação ao BRT, a emissão de poluentes pelo VLT é praticamente zero, já o BRT por possuir como matriz energética o diesel ainda emite poluentes na atmosfera. Para mitigar esse dano ao meio ambiente, já existem veículos dotados de tecnologia híbrida, consumindo diesel e eletricidade, ou até mesmo o biodiesel.

Experiências como a da cidade de Sacramento, na Califórnia, mostram que a introdução de um sistema de VLT aumenta não somente a quantidade de passageiros transportados nas linhas de ônibus substituídas como também o total de viagens realizadas via Transporte Público na cidade. É possível, no entanto, que o sistema de BRT seja concebido para atender alguns fatores-chaves como confiabilidade, velocidade, capacidade, durabilidade e conforto.

Os sistemas BRT's de cidades em desenvolvimento operam sem subsídios. A combinação de demandas relativamente altas, com economias de escalas e baixo custo de mão de obra criam um cenário favorável para a lucratividade (BRASIL, 2008). Se um sistema requer contínuos subsídios, a construção financeira pode afetar a efetividade do sistema de transporte público para o usuário. Os custos operacionais estão relacionados com as tarifas do serviço, afetando por fim a capacidade de pagamento do sistema. Já no transporte sobre trilho em países em desenvolvimento é caracterizado pela necessidade contínuos subsídios na operação.

Outro fator preponderante para a implantação do sistema BRT na avenida Recife em detrimento ao sistema leve sobre trilho e a sua flexibilidade, os itinerários podem requerer ajustes para dar conta de mudanças futuras na forma urbana. O constante crescimento e modificação das cidades brasileiras requerem um grau de flexibilidade do transporte muito superior as cidades de países desenvolvidos. A demanda de uma área pode ser menor ou maior que as expectativas e requerem ajustes. As mudanças no itinerário do sistema Bus Rapid Transit possuem um plano de ação mais rápido e com menor custo de intervenção em relação ao VLT, uma vez o sistema Veículo Leve sobre Trilhos implantado haverá um alto custo para alteração de serviços e itinerários, custo com infraestrutura, instalação dos trilhos.

Os veículos utilizados no sistema BRT podem ser temporariamente deslocados para atender a demandas de eventos especiais como jogos de futebol e shows, situações e que há uma grande demanda para esvaziar o local rapidamente, conectando terminais intermodais de transporte.

O menor custo de implantação e operação, maior flexibilidade do transporte, zonas de ultrapassagem que evitam congestionamento nas estações são fatores que caracterizam o BRT como a melhor proposta, do ponto de vista técnico e econômico, para a via aqui abordada.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal objetivo estudar formas de priorizar o transporte público, afim de propor soluções para o caos causado pelo excesso de veículos nas vias, comum nos aglomerados urbanos do Brasil. As alternativas aqui expostas foram baseadas em projetos bem-sucedidos em cidades de países em desenvolvimento. O estudo dedicou a exemplificar as vantagens do transporte coletivo, redução na emissão de poluentes, menor consumo de combustível, redução de poluição sonora e menor tempo de viagem; fatores que representam uma melhoria na qualidade de vida para os usuários da avenida Recife.

Há uma necessidade de planejar a cidade para as pessoas, ao invés do modelo praticado por gestões passadas que planejaram as cidades para os veículos caracterizando um modelo insustentável de mobilidade urbana. Priorizar o transporte público em detrimento ao transporte individual é necessário, contudo este transporte deve satisfazer as demandas da sociedade: redução de poluentes, segurança, conforto, agilidade e confiabilidade. O transporte público precisa ser modernizado e planejado para atender a demanda e atrair novos usuários e consequentemente reduzir o impacto sofrido pelas vias pelo excesso de veículos.

Para o sucesso da mobilidade urbana é essencial alternativas mais sustentáveis de locomoção e uma maior integração entre os diversos modais de transporte. Veículos que utilizem tecnologia de maior eficiência energética, fonte de energia renovável ou menos danosa ao ambiente.

O transporte público prioritário e eficaz, planejado para as pessoas em harmonia com meio é a solução para o problema de mobilidade das grandes cidades, para tal é necessária uma maior conscientização da população que existe a possibilidade de conforto e agilidade no transporte público quando bem planejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA NETO, J. de A.; e MIRANDA, S. C. F. *Análise hierárquica de alternativas de transporte público: uma aplicação utilizando o software Expert Choice para verificar o mais adequado entre BRT, VLT e metrô, tendo como cenário a avenida Luís Viana, Salvador, Bahia*. Anais do XXVII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET). Belém – PA, 2013.
- ALOUCHE, P. L. *VLT: um transporte moderno, sustentável e urbanisticamente correto para as cidades brasileiras*. 14^a Semana Tecnológica Metro-ferroviária. Disponível em <www.acamesp.org.br/biblioteca/stm/14SMTF0809T09.pdf>. Acessado em junho de 2016.
- ANTP. *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2011*. Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP). Brasília – DF, 2012a. Disponível em <www.antp.org.br/sistema-de-informacoes-da-mobilidade/relatorios.html>. Acessado em junho de 2016.
- ANTP. *Vantagens diretas para a sociedade*. Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP). Brasília – DF, 2012b. Disponível em <www.antp.org.br/fretamento/vantagens-para-a-sociedade.html>. Acessado em junho de 2016.

- ANTP. *Avaliando a qualidade técnica da mobilidade urbana: Aplicação de metodologia experimental Série de cadernos técnicos, volume 24*. Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP). Brasília – DF, 2015. Disponível em <www.antp.org.br/biblioteca-vitrine/cadernos-tecnicos.html>. Acessado em junho de 2016.
- BRASIL. *Manual de Bus Rapid Transit - Guia de Planejamento*. Ministério das Cidades. Brasília – DF, 2008. Disponível em <www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/Biblioteca/ManualBRT.pdf>. Acessado em junho de 2016.
- CARVALHO, C. H. R. *Emissões relativas de Poluentes do Transporte Urbano*. Boletim Urbano e Ambiental – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2011. Disponível em <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5574/1/BRU_n05_emiss%C3%B5es.pdf>. Acessado em junho de 2016.
- CYCLING. *For a sustainable and healthy Australia*. Cycling promotion Fund. Disponível em <www.cyclingpromotion.org/>. Acessado em junho de 2016.
- CTTU. *Trânsito do Recife - um panorama*. Companhia de Trânsito e Transporte Urbano do Recife – CTTU Recife. Recife – PE, 2006. Disponível em <www.recife.pe.gov.br/cttu/municipalizacao_transito.php>. Acessado em junho de 2016.
- DE BRUIJN, H.; e W. VEENEMAN. *Decision-Making for Light Rail*. Transportation Research A, v. 43, p. 349-359. Washington, EUA, 2009.
- DENATRAN. *Frota veicular brasileira*. Departamento Nacional de Trânsito – Denatran. Brasília – DF, 2014. Disponível em <www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acessado em janeiro de 2016.
- ESTADO DE SÃO PAULO. *Três cidades brasileiras estão no top 10 de congestionamentos*. Jornal O Estado de São Paulo. São Paulo – SP, 2016. Disponível em <<http://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,tres-cidades-do-brasil-estao-no-top-10-de-congestionamentos,10000022561>>. Acessado em junho de 2016.
- GAZETA DO POVO. *Com sete anos de vida o plano de mobilidade de Curitiba será revisado*. Gazeta do Povo. São Paulo – SP, 2015. Disponível em: <www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/com-sete-anos-de-vida-plano-de-mobilidade-de-curitiba-sera-revisado-dxg79l2d6moa0ycua8mlkwu72>. Acessado em junho de 2016.
- GOOGLE MAPS. *Avenida Caxangá*. Google Maps, 2015a. Disponível em <www.google.com.br/maps/@-8.0434598,-34.9338443,3a,75y,104.69h,85.32t/data=!3m6!1e1!3m4!1srOF3QDMnTU2TlI3MXoAb7g!2e0!7i13312!8i6656>. Acessado em junho de 2016.

- GOOGLE MAPS. *Avenida Cruz Cabugá*. Google Maps, 2015b. Disponível em <www.google.com.br/maps/@-8.0445553,-34.8748242,3a,16.5y,47.95h,88.08t/data=!3m6!1e1!3m4!1sSRo64lAE0m46Jht28W7tdw!2e0!7i13312!8i6656>. Acessado em junho de 2016.
- GOOGLE MAPS. *Avenida Recife*. Google Maps, 2015c. Disponível em <www.google.com.br/maps/@-8.0894109,-34.9297454,3a,75y,170.42h,67.3t/data=!3m6!1e1!3m4!1sZxKYdbP0s0cRxqKpbC1r2g!2e0!7i13312!8i6656>. Acessado em junho de 2016.
- GRANDE RECIFE. *Consulta de itinerário de linhas por logradouro*. Grande Recife Consórcio de Transporte. Recife – PE, 2016. Disponível em <http://200.238.84.28/site/consulta/itinerarios_linhas_logradouro.asp>. Acessado em junho de 2016.
- JORNAL DO COMMERCCIO. *Posição do Recife no Ranking das cidades que tem pior trânsito*. Blog De Olho no Trânsito. Jornal do Commercio. Recife – PE, 2016. Disponível em <<http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2016/03/22/a-8a-pior-do-mundo-e-a-3a-do-brasil-essa-e-a-posicao-do-recife-no-ranking-das-cidades-que-tem-o-pior-transito/>>. Acessado em junho de 2016.
- IBGE. *Censo 2010, Arranjos Populacionais e concentrações urbanas do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Brasília – DF, 2010. Disponível em <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>. Acessado em junho de 2016.
- IBGE. *Informações completas sobre o município do Recife*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Brasília – DF, 2015. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco|recife|infograficos:-informacoes-completas>>. Acessado em junho de 2016.
- TRB. *Transit capacity and quality of service manual*. Transportation Research Board (TRB). Transit Cooperative Research Program: Report 100, 2nd Edition, Washington, DC, USA, 2003.
- LERNER, J. *Avaliação comparativa das mobilidades de transporte público urbano*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (ANTP). Brasília – DF, 2009. Disponível em <www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635109537433018893.pdf>. Acessado em junho de 2016.
- LINDAU, L. A.; G. S. PETZOLD; C. A. M. SILVA; e D. FACCHINI. *BRT e corredores prioritários para ônibus: panorama no continente americano*. Porto Alegre – RS, 2013.
- MAROJA, A. M.; F. S. SANTOS; S. L. GARAVELLI; e E. B. CARVALHO JÚNIOR. *Veículo Leves sobre Trilhos: impacto ambiental acústico em Brasília – DF*. Brasília, DF, 2013.

MEC. *Instituições de ensino superior por município*. Ministério da Educação – MEC. Brasília – DF, 2006. Disponível em <<http://emec.mec.gov.br/>>. Acessado em junho de 2016.

MOBILIZE. *Projeto funcional do VLT do Rio de Janeiro*. Disponível em: <<http://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/projeto-funcional-do-vlt-porto-maravilha.pdf>>. Acessado em junho de 2016.

NETO, J. *Polo médico do Recife e a globalização: A singularidade da localidade e os efeitos da pós-modernidade*. Programa de pós-graduação em geografia da UFPE. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE 2006. Disponível em <www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/index>. Acessado em junho de 2016.

NTU. *Estudo de BRT no Brasil*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbano (NTU). Brasília, DF, 2011.

OLIVEIRA, G. T.; e B. O. ROSA. *Comparativo de desempenho de sistemas de transporte público de média capacidade via AHP - estudo BRT x VLT no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro – RJ, 2013.

PORTO DIGITAL. *O que é o Porto Digital*. Porto Digital. Recife – PE, 2016. Disponível em <www.portodigital.org/parque/o-que-e-o-porto-digital>. Acessado em junho de 2016.

THOMAS, E. *Bus Rapid Transit*. Institute of Transportation Engineers Annual Meeting. Chicago, EUA, 2001.

TOMTOM. *Measuring congestion worldwide, TomTom Traffic Index*. TomTom International BV. Amsterdam – Holanda, 2016. Disponível em <www.tomtom.com/pt_br/trafficindex/list>. Acessado em junho de 2016.

VEJA. *O impacto do caos nas ruas*. Revista Veja. São Paulo – SP, 2014^a. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/transito/contexto1.html>>. Acessado em janeiro de 2016.

VEJA. *Recife: décimo lugar entre as metrópoles do mundo onde se perde mais tempo no trânsito e campeã da demora entre as cidades brasileiras*. Revista Veja. São Paulo – SP, 2014^b. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/blog/cidades-sem-fronteiras/2014/12/12/tempo-transito/>>. Acessado em janeiro de 2015.