

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CTEC – CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

FERNANDO MIGUEL RODRIGUES CAVALCANTE

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA VLT x BRT EM
TRECHO DA CIDADE DE MACEIÓ**

**MACEIÓ
2024**

FERNANDO MIGUEL RODRIGUES CAVALCANTE

**ANÁLISE COMPARATIVA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA VLT x BRT EM
TRECHO DA CIDADE DE MACEIÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia – CTEC da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lima Marques da Silva

MACEIÓ

2024

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Jone Sidney A. de Oliveira – CRB-4 – 1485

C376a Cavalcante, Fernando Miguel Rodrigues.
Análise comparativa da implantação de um sistema vlt x brt em
Trecho da cidade de maceió / Fernando Miguel Rodrigues
Cavalcante. - 2024.
88 f. : il.

Orientadora: Alexandre Lima Marques da Silva.
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia
Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia.
Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 83-88.

1. *Mobilidade Urbana*. 2. BRT. 3. VLT. 4. Transporte Público. I. Título.

CDU: 711.7

FOLHA DE APROVAÇÃO

FERNANDO MIGUEL RODRIGUES CAVALCANTE

Análise Comparativa da Implantação de um Sistema VLT x BRT em Trecho da Cidade de Maceió. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em 01 de abril de 2024

Documento assinado digitalmente
 ALEXANDRE LIMA MARQUES DA SILVA
Data: 08/04/2024 17:48:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alexandre Lima Marques da Silva (orientador)
Universidade Federal de Alagoas

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 OLGA BEATRIZ BARBOSA MENDES
Data: 08/04/2024 18:49:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. Olga Beatriz Barbosa Mendes (Examinadora Externa)

Documento assinado digitalmente
 ALINE CALHEIROS ESPINDOLA
Data: 09/04/2024 11:18:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. MSc. Aline Calheiros Espíndola (Examinador Interno)
Universidade Federal de Alagoas

RESUMO

O transporte público coletivo é um assunto de permanente importância para a sociedade, uma vez que visa propiciar locomoção de qualidade a preços acessíveis à população, e é capaz de melhorar a utilização do espaço viário. Os principais modos de transporte que causam a redução do uso do espaço viário são os de alta e média capacidade. Os modos de média capacidade são uma alternativa para o alto investimento necessário na implantação dos de alta capacidade. O BRT (Bus Rapid Transit) e o VLT (Veículo Leve sob Trilhos), são tecnologias amplamente utilizadas pelo mundo e que oferecem boa capacidade de transporte de passageiros/hora. Na cidade de Maceió, faixas exclusivas para ônibus foram adotadas para melhoria do transporte público, mas ainda há espaço para evoluir na qualidade e na eficiência da operação deste serviço. Este estudo descreve as tecnologias BRT e VLT e propõe a análise de qual dentre elas seria a mais adequada à ser implantada na zona central do eixo viário que liga a Praça Centenário ao Aeroporto Zumbi dos Palmares. Para realizar esta análise comparativa foi utilizada uma metodologia que começa com a realização de revisão bibliográfica sobre os sistemas BRT e VLT, seguida por uma caracterização do trecho abordado no trabalho, focando em pontos como viadutos, largura disponível para as implantações, obras em andamento no trecho e desnível dele. Também foram obtidos dados em parceria com órgãos e gestores públicos que trabalham com a mobilidade da cidade, visando caracterizar a necessidade do sistema de transporte público atual e da mobilidade da cidade. Por fim, este trabalho apresenta uma comparação através das vantagens e desvantagens que cada sistema tem em relação ao outro e observa como ambos se inserem no trecho abordado, concluindo que o BRT seria o mais adequado para a via.

Palavras-chave: BRT, VLT, Mobilidade Urbana.

ABSTRACT

Public collective transportation is a matter of permanent relevance for society, as it aims to provide quality mobility at affordable prices to the population and is capable of improving the use of road space. The main modes of transportation that reduce the use of road space are those of high and medium capacity. Medium-capacity modes are an alternative to the high investment required in the implementation of high-capacity modes. Bus Rapid Transit (BRT) and Light Rail Transit (LRT) are widely used technologies around the world that offer good passenger transportation capacity per hour. In the city of Maceió, exclusive bus lanes have been adopted to improve public transportation, but there is still room to improve the quality and efficiency of this service. This study describes BRT and LRT technologies and proposes an analysis of which of them would be most suitable to be implemented in the central zone of the road axis that connects Centenário Square to Zumbi dos Palmares Airport. To perform this comparative analysis, a methodology was used that begins with a comprehensive literature review of BRT and LRT systems, followed by a characterization of the section addressed in the work, focusing on points such as viaducts, available width for implementations, ongoing works in the section, and its unevenness. Were also obtained data in partnership with public agencies and managers working with the city's mobility, aiming to characterize the needs for the current public transportation system and the city's mobility. Finally, this work presents a comparison through the advantages and disadvantages that each system has in relation to the other and observes how both fit into the section addressed, concluding that BRT would be the most suitable for the route.

Keywords: BRT, LRT, Urban Mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Divisão modal, cidades acima de 60 mil habitantes.	12
Figura 2: VLT em operação na Avenue des Maréchaux – Linha T3 Paris (França). .	13
Figura 3: Sistema BRT Transmilenio, operando em Bogotá (Colômbia).....	13
Figura 4: Sistema VLT em via ajardinada (Barcelona, Espanha).	14
Figura 5: Sistema BRT “Metrobús”, Cidade do México (México).	14
Figura 6: Trecho abordado no trabalho	15
Figura 7: Usuários reclamam de ônibus superlotado durante a pandemia.	16
Figura 8: Usuários não conseguem embarcar em ônibus superlotado.	17
Figura 9: Esquema explicando o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana	20
Figura 10: Linha Ecovía de Quito	26
Figura 11: Componentes do sistema BRT, “Macrobus” Guadalajara, México	27
Figura 12: Projetos de priorização do transporte público por ônibus	28
Figura 13: Largura necessária para implantação de faixas de BRT	29
Figura 14: Congestionamento nos corredores de ônibus, sistema aberto de Taipei .	30
Figura 15: Caminhão de lixo usando indevidamente corredor exclusivo de ônibus, em Quito	31
Figura 16: Variedade de tipos de veículos e linhas, BRT Curitiba	32
Figura 17: Mapa de linhas de Curitiba.....	33
Figura 18: Ultrapassagem na zona da estação com pavimento em concreto e utilização de blocos para segregação da via de ônibus e tráfego misto	34
Figura 19: Projeto conceitual do BRT da cidade de Dar es Salaam, Tanzânia	35
Figura 20: BRT de Guangzhou separado por canteiro completamente ajardinado...	36
Figura 21: BRT em Beijing separado por grades metálicas	37
Figura 22: BRT em Bogotá separado por blocos.....	37
Figura 23: Blocos separadores suscetíveis a danos e deterioração - BRT de Quito.	38
Figura 24: Invasões a via de ônibus, BRT de Quito.....	38
Figura 25: BRT ao longo da Alameda Jimenez em Bogotá com postes separando a via de ônibus da zona de pedestres	39
Figura 26: Embarque em nível, BRT de Curitiba	40
Figura 27: Catracas em estação de BRT em Fortaleza	41
Figura 28: Portas deslizantes – BRT de Guangzhou.....	41
Figura 29: Informações em tempo real via painéis eletrônicos - BRT em	

Guangzhou	43
Figura 30: Mapa do sistema TransMilenio, Bogotá.....	43
Figura 31: Aspectos de segurança e acessibilidade em um projeto VLT	46
Figura 32: Larguras necessárias para implantação de faixas do sistema VLT.....	47
Figura 33: Via permanente de VLT encapsulada.....	48
Figura 34: Via permanente de VLT com dormentes de concreto	49
Figura 35: Via permanente de VLT com trilho aplicado diretamente sobre a laje.....	49
Figura 36: Seção transversal de via permanente	50
Figura 37: Seção transversal de via permanente	50
Figura 38: Requisitos para segurança e acessibilidade em paradas/estações de um sistema VLT	51
Figura 39: Pátio de estacionamento VLT, Viena, Áustria	52
Figura 40: Sistema de informação aos usuários - VLT, Rio de Janeiro, Brasil	53
Figura 41: Placas de sinalização vertical de regulamentação e advertência para condutores de veículos, ciclistas e pedestres - VLT	54
Figura 42: Visão da capacidade de transportes públicos	58
Figura 43: Comparativo de capacidade de transporte entre carros, ônibus simples, BRT e VLT.....	58
Figura 44: Capacidade por classe de ônibus	59
Figura 45: Fase de operação e emissão por tração	61
Figura 46: Fluxograma da Metodologia.....	62
Figura 47: Configuração atual das vias do trecho	65
Figura 48: Marcação de pontos no trecho em que a largura do canteiro central foi medida	66
Figura 49: Demonstração da medição no canteiro – linha amarela.....	67
Figura 50: Perfil de elevação do trecho Praça Centenário – Aeroporto Zumbi dos Palmares	68
Figura 51: Complexo viário Maceió-AL.....	68
Figura 52: Ciclovía no canteiro central	69
Figura 53: Extensão da ciclovía no canteiro central	70
Figura 54: Duplicação da avenida Durval de Góes Monteiro.....	71
Figura 55: Ilustração de configuração transversal do trecho com o sistema BRT.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dimensionamento de rampas.....	42
Quadro 2: Comparação dos prazos de execução de sistemas de transporte público	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Projeção Aritmética do Eixo Farol (2013-2018).....	22
Tabela 2: Projeção Aritmética – Sentido Ascendente (2018-2023)	23
Tabela 3: Projeção Aritmética – Sentido Descendente (2018-2023).....	23
Tabela 4: Largura mínima recomendada por sentido.....	35
Tabela 5: Investimentos para diferentes sistemas de transporte de massa	55
Tabela 6: Capacidade real de pico, sistemas de massa selecionados	60
Tabela 7: Larguras do canteiro central em diferentes partes do trecho	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Projeção Aritmética do Eixo Farol (2013-2018).....	22
Gráfico 2: Projeção Aritmética – Sentido Ascendente (2018-2023)	23
Gráfico 3: Projeção Aritmética – Sentido Descendente (2018-2023).....	24
Gráfico 4: Estudo comparativo de mercado entre os custos com BRT e VLT ao longo dos anos.....	56
Gráfico 5: Capacidade de transporte de diferentes modos.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 MOBILIDADE URBANA	19
2.2 FLUXO NO EIXO FERNANDES LIMA 2013-2023 E CONTAGEM DE ÔNIBUS EM FLUXO HORÁRIO MÁXIMO NO ANO DE 2022.....	22
2.3 BRT.....	25
2.3.1 Preparação de projeto	28
2.3.2 Projeto Operacional	29
2.3.3 Infraestrutura do sistema	33
2.3.3.1 Vias exclusivas e separação	33
2.3.3.2 Estações	39
2.3.3.3 Comunicação com o usuário	42
2.4 VLT	44
2.4.1 Preparação de projeto	44
2.4.2 Projeto Operacional	45
2.4.3 Infraestrutura do sistema	47
2.4.3.1 Via Permanente.....	48
2.4.3.2 Estações	50
2.4.3.3 Tecnologias de comunicação	52
2.5 BRT X VLT	54
2.5.1 Custos	54
2.5.2 Tempo para implementação	56
2.5.3 Oferta	57

2.5.4 Emissão de poluentes	61
3 METODOLOGIA.....	62
3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	63
3.1.1 BRT	63
3.1.2 VLT	63
3.1.3 BRT x VLT	63
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO URBANO.....	63
3.3 COLETA DE DADOS.....	64
3.4 ANÁLISE DAS IMPLANTAÇÕES	64
4 AVALIAÇÃO DO TRECHO – OBRAS, MEDIDAS E OBSTÁCULOS.....	65
4.1 MEDIDAS E OBSTÁCULOS	65
4.2 OBRAS ATUALMENTE NO TRECHO.....	69
5 ENTREVISTA COM DIRETOR DO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE MACEIÓ.....	72
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
7 CONCLUSÕES.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE A – Tabela resumo da análise comparativa	90

1 INTRODUÇÃO

O transporte urbano caracteriza-se pelo deslocamento de produtos ou mercadorias dentro de uma cidade, com a utilização de meios de transporte coletivos ou individuais.

A qualidade e facilidade de deslocamento no meio urbano está diretamente ligada ao nível de qualidade de vida de uma sociedade e, como consequência, ao grau de desenvolvimento econômico e social. Esta afirmação pode ser vista como algo universal, que pode ser utilizado como um viés para caracterizar países, estados, municípios, regiões e cidades (FERRAZ; TORRES, 2004).

Vendo a mobilidade como um elemento basilar para o ser humano, é correto afirmar que propiciar uma adequada mobilidade para todas as classes sociais deve ser visto como algo essencial para o desenvolvimento econômico e social das cidades. O equacionamento adequado do transporte urbano é uma preocupação presente em todos os países, pois a maioria da população mora nas cidades. (FERRAZ; TORRES, 2004)

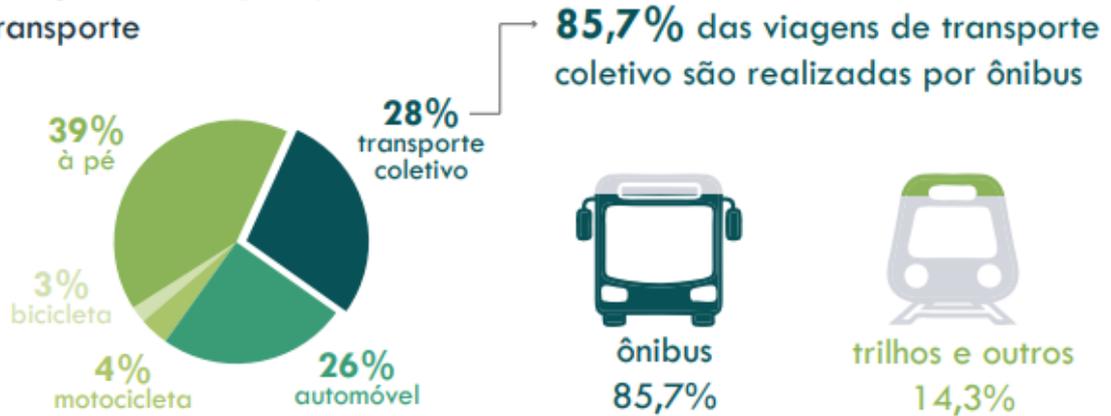
Há pouco mais de quarenta anos, a população brasileira vivia, em sua maior parte, nas áreas rurais, sem que houvesse muitas demandas por transporte de massa nos poucos aglomerados urbanos existentes. Hoje, cerca de 85% da população vive em centros urbanos, sendo que existem 36 cidades com mais de 500 mil habitantes na rede urbana brasileira, além de quarenta regiões metropolitanas estabelecidas, nas quais vivem mais de 80 milhões de brasileiros (cerca de 45% da população). (CARVALHO, 2016a)

Tratando um pouco mais sobre o transporte coletivo no Brasil, é observado que nas últimas duas décadas o setor passa por sérios problemas, que decorrem desde seu modelo de financiamento, quase sempre baseado na tarifa paga pelos passageiros, até a gestão e correta distribuição dos recursos captados, visando melhorar a qualidade dos serviços. Isto vem ocorrendo, em parte, pois a medida em que houve um grande incentivo a compra de veículos menos sustentáveis como carros e motos, e uma das únicas receitas do sistema é a arrecadação tarifária, houve uma diminuição de forma gradual na demanda, o que gerou como alternativa reduções na oferta e nos investimentos em qualidade (LINDAU; ALBUQUERQUE; CORRÊA, 2021).

De acordo com a ANTP (2018), a divisão de utilização dos modais no Brasil em cidades acima de 60 mil habitantes é dada pelos percentuais apresentados na figura 1.

Figura 1: Divisão modal, cidades acima de 60 mil habitantes.

Distribuição das viagens por modo de transporte



Fonte: ANTP, 2018.

É possível perceber este aumento na utilização do transporte individual, e consequente diminuição do coletivo, analisando levantamentos de dados populacionais e de frotas no Brasil. Comparando os anos 2000 com 2022, houve um aumento na população estimada de 19,59%, que foi de 169.799.170 (IBGE, 2000) para 203.062.512 (IBGE, 2022); na frota de veículos individuais (automóvel e motocicleta) houve um aumento de 263,7%, de 23.522.867 (DENATRAN, 2000) para 85.554.196 (DENATRAN, 2022), e um aumento de 189,6% na frota de transportes coletivos (ônibus e micro-ônibus), de 385.461 (DENATRAN, 2000) para 1.116.163 (DENATRAN, 2022). Com estes dados é perceptível que o aumento na frota de veículos motorizados em geral foi muito maior do que o aumento populacional, mas que o aumento dos veículos individuais se sobressaiu em relação ao coletivo.

Observando toda essa situação, constata-se que quem é mais prejudicado, seja pela menor frequência do serviço, seja pelos veículos lotados, são as pessoas que dependem unicamente do transporte coletivo, visto que no Brasil, as pessoas utilizam transporte coletivo não por escolha, mas, em sua maioria, pela falta de poder aquisitivo para adquirir um transporte individual (IPEA, 2021). Um desafio a ser vencido no país é elevar a qualidade da mobilidade e do transporte público coletivo, a um ponto em que a população se sinta confortável e segura em optar por utilizar meios de transportes mais sustentáveis mesmo podendo usufruir de um transporte individual (VASCONCELLOS, 2016).

Assim como é relatado acima em um breve panorama do país, a cidade de Maceió também enfrenta seus diversos desafios envolvendo a mobilidade urbana, e

este trabalho busca debater e analisar a implantação dos sistemas *Bus Rapid Transit* (BRT) e Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) em um trecho importante da cidade.

Novos sistemas como o VLT ou o BRT são símbolos de desenvolvimento e foram a solução para problemas de mobilidade em diversos locais pelo mundo, como Paris, Barcelona, México, Bogotá, Curitiba, dentre outras cidades, fornecendo melhor fluxo para o trânsito e maior conforto e capacidade para receber os passageiros. As figuras 2 a 5 mostram sistemas BRT e VLT operando em diversos locais.

Figura 2: VLT em operação na Avenue des Maréchaux – Linha T3 Paris (França).



Fonte: MOBILIZE B., 2013.

Figura 3: Sistema BRT Transmilenio, operando em Bogotá (Colômbia).



Fonte: Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento, 2015.

Figura 4: Sistema VLT em via ajardinada (Barcelona, Espanha).



Fonte: MOBILIZE B., 2013.

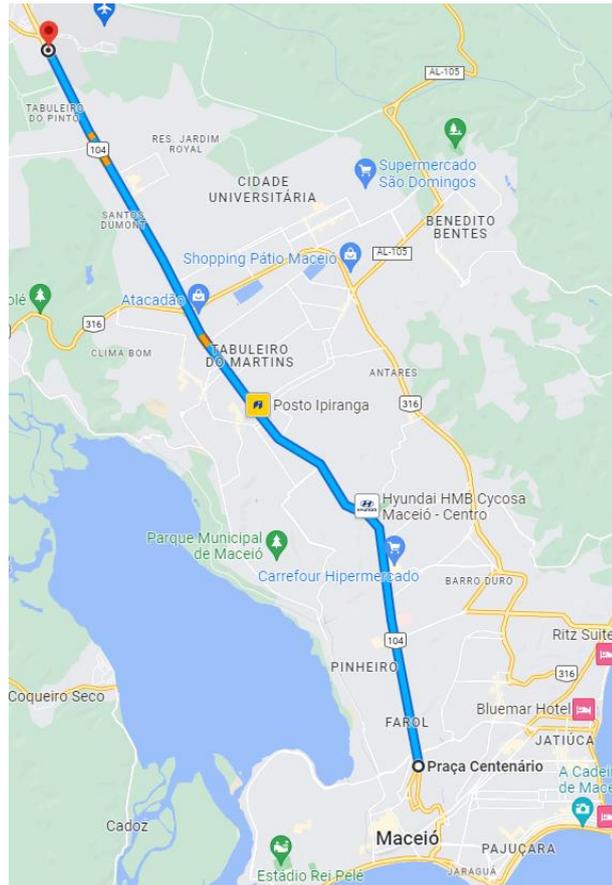
Figura 5: Sistema BRT “Metrobús”, Cidade do México (México).



Fonte: Mercedes Benz, 2012.

Neste estudo será realizado um estudo técnico para analisar a viabilidade técnica de implantação de um sistema BRT ou VLT na cidade de Maceió. O trecho abordado no trabalho tem um total de 17,5 km e abrange as avenidas Fernandes Lima, Durval de Goes Monteiro e Lorival de Melo Mota. Ele está ilustrado na figura 6.

Figura 6: Trecho abordado no trabalho.



Fonte: Imagem extraída do Software Google Maps®, 2024.

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com estudo realizado por Filho (2018), sobre o eixo viário Fernandes Lima, este é o principal eixo viário dos maceioenses, que abrange 11 dos 50 bairros de Maceió, ligando assim a região central a parte alta da cidade através das Avenidas Fernandes Lima e Durval de Góes Monteiro. Possui duas vias arteriais compostas por 2 faixas de rolamento e uma terceira faixa exclusiva para ônibus, divididas por um canteiro central e funcionando em duplo sentido. Vale ressaltar que o estudo conduzido por Filho (2018) não abrangeu a Av. Lourival de Melo Mota, que também é considerada como parte do trecho deste trabalho.

Uma das principais medidas já implementadas na cidade para melhorar a qualidade do transporte público coletivo foi trazida pelo Plano Diretor (MACEIÓ, 2005), que anteviu a necessidade da criação da faixa exclusiva, instalando-a somente no ano de 2014 nas avenidas Tomás Espíndola, Fernandes Lima e Durval de Góes Monteiro, diminuindo o tempo de viagem no transporte público, enquanto o transporte particular,

meio predominante de locomoção dos alagoanos, teve o tempo elevado (SANTOS et al, 2017).

Agora, com o passar do tempo e aumento constante do fluxo nas vias, é inevitável que elas fiquem cada vez mais saturadas e que se deve pensar em soluções apropriadas para desafogar o trânsito enfrentado pelos maceioenses neste trecho e proporcionar mais qualidade em suas locomoções, seja a trabalho, para realizar pequenas tarefas do dia a dia, ou a lazer.

Somado ao problema de congestionamento causado pelos veículos, tem-se as superlotações em horários de pico nos ônibus pela cidade, como pode-se observar em algumas notícias a seguir (figuras 7 e 8):

Figura 7: Usuários reclamam de ônibus superlotado durante a pandemia.

SMTT determina ampliação da frota de ônibus de Maceió para evitar aglomerações

Percentual mínimo da ampliação é de 20%, para as linhas que compõem o Sistema Integrado de Mobilidade de Maceió (SIMM).

Por G1 AL
11/03/2021 11h05 · Atualizado há 2 anos



Ônibus lotados em Maceió são risco de contágio pelo coronavírus — Foto: Reprodução/TV Gazeta

Fonte: G1 AL, 2021.

Figura 8: Usuários não conseguem embarcar em ônibus superlotado.

Passageiros de ônibus no Benedito Bentes impedem saída de coletivo devido à superlotação

Com o ônibus lotado, usuários desistem de entrar, pois já não havia mais espaço no veículo

Por Evandro Souza*

27/06/2023 15h03 - Atualizado em 27/06/2023 15h03



Passageiros se espremem dentro de ônibus no Benedito Bentes - Foto: Reprodução

Fonte: Jornal de Alagoas, 2023.

Portanto, é factível que medidas para melhorar o transporte coletivo no trecho, e na cidade em geral, são importantes para o bem-estar da população maceioense, e os objetos de estudo deste trabalho visam justamente proporcionar estas melhorias.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo geral analisar as duas soluções propostas para a melhoria da mobilidade no eixo delimitado pela praça Centenário e o Aeroporto Zumbi dos Palmares, em Maceió.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Levantar e analisar as especificações, necessidades e qualidades de um sistema BRT;
- Levantar e analisar as especificações, necessidades e qualidades de um sistema VLT;
- Comparar os dois sistemas e suas implantações, avaliando custos, tempo para implantação, oferta e demanda.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em sete seções. A primeira seção traz a introdução que inclui a contextualização do tema, a questão norteadora, a justificativa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

A segunda seção apresenta a fundamentação teórica do trabalho, e trata sobre mobilidade urbana, estudo anterior sobre o trecho, e sistemas BRT e VLT. Para melhor analisar esses assuntos, a seção foi dividida em cinco subseções, onde a primeira traz uma visão geral sobre mobilidade urbana no Brasil. A segunda trata de um estudo de tráfego anteriormente realizado no trecho do trabalho. A terceira discorre sobre as características dos sistemas BRT, incluindo preparação de projeto, projeto operacional e infraestrutura do sistema. A quarta trata sobre as características dos sistemas VLT, também abordando sobre preparação de projeto, projeto operacional e infraestrutura do sistema. A quinta foca em informações relevantes para comparações entre ambos os sistemas, como custos, tempo para implementação, capacidade de oferta e emissão de poluentes.

A terceira seção expõe os procedimentos metodológicos do trabalho, explicando a relevância e os objetivos de cada etapa, além de demonstrar como foi abordada a revisão bibliográfica, a caracterização do trecho, a coleta de dados e a análise das implantações.

A quarta seção apresenta uma avaliação do trecho abordado no trabalho, contendo medidas relevantes para as implantações, obras que estão em andamento no trecho e seus impactos, além de obstáculos a serem considerados.

A quinta seção retrata a entrevista realizada pelo autor com o Diretor do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito de Maceió (DMTT).

A sexta seção apresenta a análise e discussão das implantações dos sistemas no trecho levando em consideração aspectos como custos, tempo, oferta e demanda. Por fim, a última seção apresenta as principais conclusões, limitações e recomendações para outros estudos relacionados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico foi realizada a revisão bibliográfica com o intuito de fornecer acervo técnico suficiente para uma posterior análise crítica da implantação de ambos os sistemas (VLT e BRT) no trecho selecionado para este estudo.

2.1 MOBILIDADE URBANA

No Brasil, o processo de urbanização intensa ocorreu principalmente no período 1950-2000. Nesse período, a população das onze maiores áreas metropolitanas aumentou em 43 milhões de pessoas, a área urbanizada cresceu em 4.100 km² e o raio médio do espaço urbano aumentou em média 80%, fazendo crescer as distâncias de percurso das pessoas localizadas nas áreas mais periféricas (VASCONCELLOS, 2013).

De acordo com Vasconcellos (2016), o impacto das políticas privilegiou os estratos de renda média e alta, que correspondem a uma minoria dentre os brasileiros. A construção do espaço do automóvel foi na realidade a construção do espaço das classes médias, e foi permanentemente incentivado e apoiado pelos formuladores e operadores das políticas públicas, eles próprios, em sua maioria, pertencentes aos estratos de renda mais alta. O transporte coletivo no país foi organizado no seu nível mínimo de eficiência, suficiente para transportar diariamente as pessoas para os seus locais de trabalho, com a qualidade e a acessibilidade claramente prejudicadas.

A lei 12.587/2012, sancionada pela Ex-presidenta da República Dilma Rousseff institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. As definições trazidas pela lei possuem grande relevância para o trabalho, visto que buscam nortear os avanços em mobilidade nas cidades brasileiras.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana tem por objetivo contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Nº 12587, Art. 2º, 2012).

De acordo com a lei, são infraestruturas de mobilidade urbana:

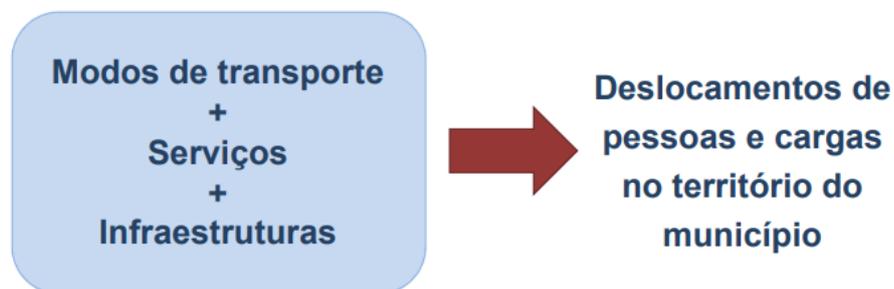
I - Vias e demais logradouros públicos, inclusive metro-ferrovias, hidrovias e ciclovias;

- II - Estacionamentos;
- III - Terminais, estações e demais conexões;
- IV - Pontos para embarque e desembarque de passageiros e cargas;
- V - Sinalização viária e de trânsito;
- VI - Equipamentos e instalações;
- VII - Instrumentos de controle, fiscalização, arrecadação de taxas e tarifas e difusão de informações.

O Sistema Nacional de Mobilidade Urbana pode ser representado de acordo com a figura 9 a seguir.

Figura 9: Esquema explicando o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana

Conjunto organizado e coordenado



Fonte: Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana, 2012.

Os princípios da política são: acessibilidade universal; desenvolvimento sustentável; equidade no acesso ao transporte público coletivo; eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte e na circulação urbana; segurança nos deslocamentos; justa distribuição dos benefícios e ônus no uso dos diferentes modos; equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros.

A lei 12.587/2012 prioriza transportes não-motorizados sobre motorizados e transporte público coletivo sobre individual motorizado.

Os direitos dos usuários segundo a lei em questão são:

- receber o serviço adequado;
- participar do planejamento, da fiscalização e da avaliação da política local de mobilidade urbana;
- ter ambiente seguro e acessível para a utilização do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana;
- Ser informado nos pontos de embarque e desembarque, de forma gratuita e acessível, sobre itinerários, horários, tarifas dos serviços e modos de interação com outros modos.

Ainda de acordo com a citação anterior, a composição do grupo técnico que compõe o Sistema de Informações de Mobilidade Urbana – SIMU se dá da seguinte maneira:

- Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana – SeMOB
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA
- Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU
- Associação Nacional de Transportes Públicos – ANTP
- Associação Nacional dos Transportes de Passageiros sobre Trilhos – ANPTrilhos
- Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA
- Centro de Transportes Sustentável do Brasil – EMBARQ Brasil

A seguir tem-se algumas características que devem guiar as ações para promover uma melhor mobilidade urbana, de acordo com Affonso (2009, p. 3), que são:

- Buscar a apropriação equitativa do espaço e do tempo na circulação urbana, priorizando os meios de transporte coletivo, a pé e de bicicleta, em relação ao automóvel;
- Promover o reordenamento dos espaços e das atividades urbanas, de forma a reduzir as necessidades de deslocamento motorizado e seus custos;
- Promover a eficiência e a qualidade nos serviços de transporte público, com apropriação social dos ganhos de produtividade decorrentes;
- Ampliar o conceito de transporte para o de comunicação, através da utilização de novas tecnologias;
- Promover o desenvolvimento das cidades com qualidade de vida, através do transporte consciente, sustentável, ecológico e participativo;
- Promover paz e cidadania no trânsito;
- Contribuir para a eficiência energética e buscar reduzir a emissão de agentes poluidores, sonoros e atmosféricos.

2.2 FLUXO NO EIXO FERNANDES LIMA 2013-2023 E CONTAGEM DE ÔNIBUS EM FLUXO HORÁRIO MÁXIMO NO ANO DE 2022

Nas projeções de tráfego a seguir pode-se observar o aumento gradativo de veículos transitando o Eixo Fernandes Lima, utilizando dados do DNIT e DETRAN/AL, e método de projeção linear para caracterizar o tráfego de 2013 a 2023 (Filho, 2018).

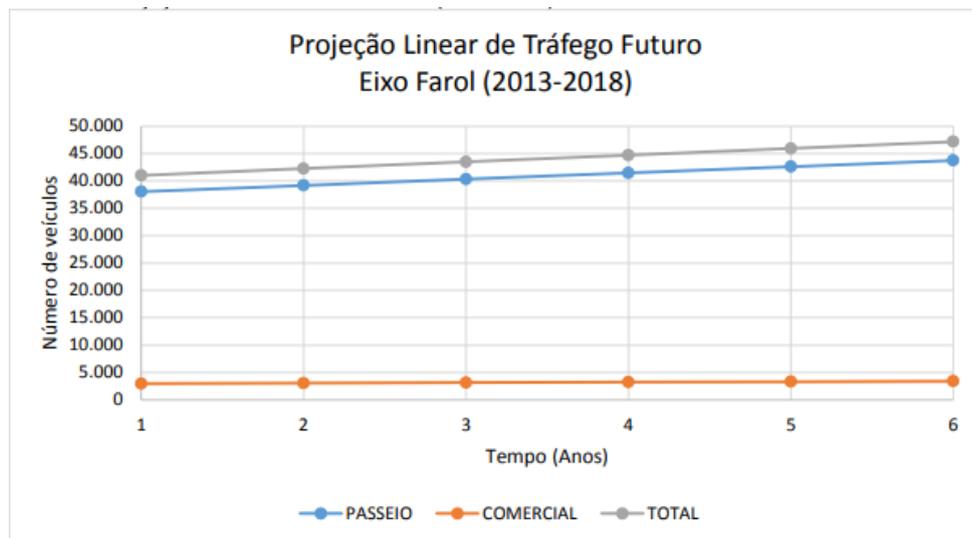
A tabela 1 e o gráfico 1 foram feitos traçando um período de 5 anos, considerado limite de curto prazo, utilizando uma progressão aritmética com taxa de crescimento anual de 3%, considerando o eixo Fernandes Lima em sua totalidade, sem divisões por trechos ou sentidos.

Tabela 1: Projeção Aritmética do Eixo Farol (2013-2018).

MÉTODO DE PROJEÇÃO LINEAR						
TIPO DE VEÍCULO	VMD ANO BASE (2013)	VMD PROJ. (2014)	VMD PROJ. (2015)	VMD PROJ. (2016)	VMD PROJ. (2017)	VMD PROJ. (2018)
PASSEIO	38.036	39.177	40.318	41.459	42.600	43.741
COMERCIAL	2.972	3.061	3.150	3.239	3.329	3.418
TOTAL	41.008	42.238	43.468	44.698	45.929	47.159

Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

Gráfico 1: Projeção Aritmética do Eixo Farol (2013-2018).



Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

As tabelas 2 e 3 e os gráficos 2 e 3 utilizaram a contagem volumétrica fornecida pelo DNIT, de 2018, calculando, a partir dela, o volume médio diário projetado para 2019-2023, um prazo de 5 anos devido a utilização do método para

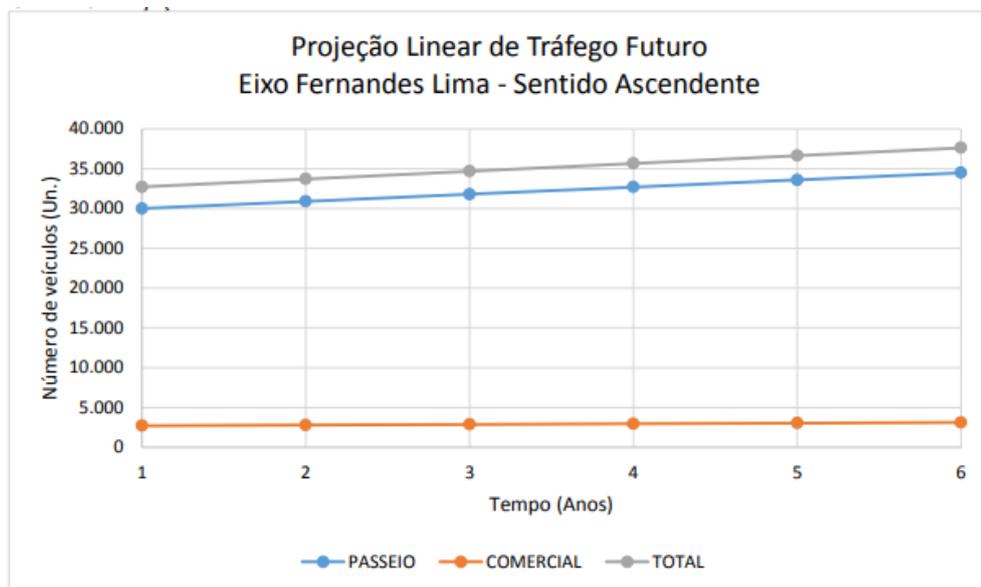
intervalos curtos de tempo, de no máximo 5 anos com razão de crescimento em 3%. Foi considerado o eixo Fernandes Lima em sua totalidade, dividido apenas em dois sentidos: ascendente e descendente.

Tabela 2: Projeção Aritmética – Sentido Ascendente (2018-2023).

SENTIDO ASCENDENTE - MÉTODO DE PROJEÇÃO LINEAR						
TIPO DE VEÍCULO	VMD ATUAL (2018)	VMD PROJ. (2019)	VMD PROJ. (2020)	VMD PROJ. (2021)	VMD PROJ. (2022)	VMD PROJ. (2023)
PASSEIO	29.983	30.882	31.782	32.681	33.581	34.480
COMERCIAL	2.720	2.802	2.883	2.965	3.046	3.128
TOTAL	32.703	33.684	34.665	35.646	36.627	37.608

Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

Gráfico 2: Projeção Aritmética – Sentido Ascendente (2018-2023).

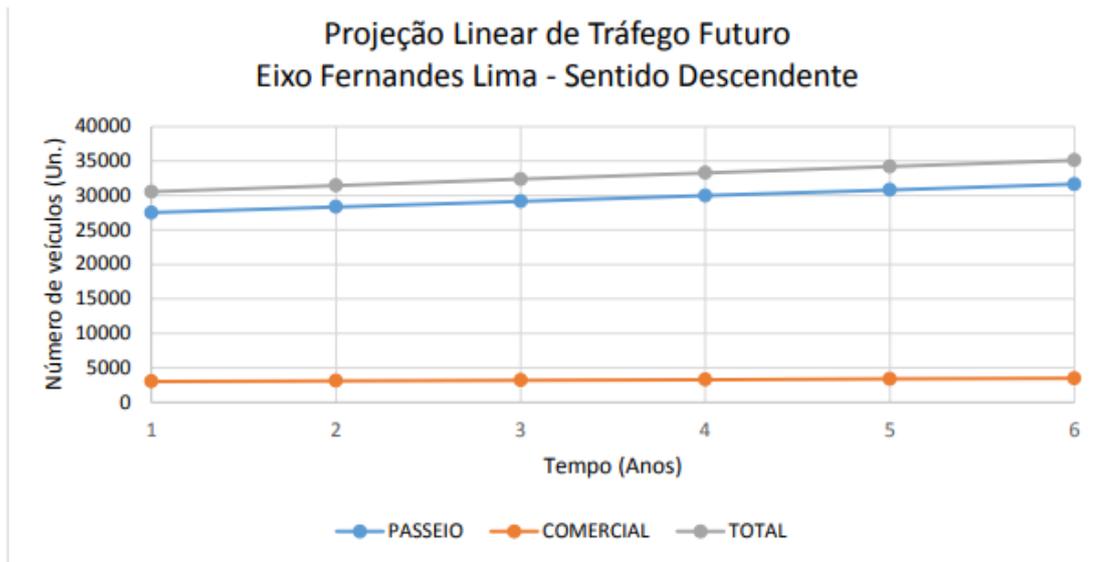


Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

Tabela 3: Projeção Aritmética – Sentido Descendente (2018-2023).

SENTIDO DESCENDENTE - MÉTODO DE PROJEÇÃO ARITMÉTICA						
TIPO DE VEÍCULO	VMD ATUAL (2018)	VMD PROJ. (2019)	VMD PROJ. (2020)	VMD PROJ. (2021)	VMD PROJ. (2022)	VMD PROJ. (2023)
PASSEIO	27501	28.326	29.151	29.976	30.801	31.626
COMERCIAL	3017	3.108	3.198	3.289	3.379	3.470
TOTAL	30518	31.434	32.349	33.265	34.180	35.096

Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

Gráfico 3: Projeção Aritmética – Sentido Descendente (2018-2023).

Fonte: V. E. F. Filho, 2018.

O estudo em questão não traz dados relevantes quanto à demanda do transporte público no eixo, pois a única divisão de tipos de veículos é entre veículos de passeio e comercial. Porém, pode-se perceber através dele que o crescimento na frota de veículos que trafegam diariamente pelas avenidas é grande e constante, ou seja, com o passar do tempo, se não houver um planejamento adequado que vise melhorar a capacidade do transporte público no trecho e a sua qualidade, buscando diminuir o uso dos transportes motorizados individuais em detrimento dos coletivos públicos, a tendência será ter avenidas cada vez mais saturadas em horários normais e caóticas em horários de pico (FILHO, 2018).

Além do estudo realizado por Filho, há um estudo realizado no ano de 2022 pela empresa TPF Engenharia, onde foram realizadas contagens volumétricas classificadas do tráfego na Av. Durval de Góes Monteiro/Av. Fernandes Lima, no cruzamento com a Av. Galba Novas de Castro, nos dias 11, 12 e 13 de janeiro de 2022, no período das 5:00 às 21:45 horas.

Este estudo apresentou uma contagem de 185 ônibus do tipo 2CB no fluxo horário máximo (horário: 10:30 à 11:15 – FHP=0,85), em ambos os sentidos. Considerando que o veículo 2CB é um ônibus básico, que possui capacidade para transportar 74 pessoas, pode-se estimar a demanda, do transporte por ônibus, por sentido apresentada naquele período, que seria de aproximadamente $185 / 2 \times 74 = 6.845$ pass./hora/sentido.

2.3 BRT

O *Bus Rapid Transit* (BRT) é um sistema de transporte público realizado por ônibus que segue uma série de prerrogativas para agilizar o deslocamento e aumentar o número de passageiros, garantindo conforto. Muitas vezes, é comparado com um metrô de superfície. O sistema foi inicialmente implementado no Canadá, em Otawa, em 1973, quando foram designadas faixas exclusivas para a locomoção dos ônibus pelo centro da cidade. Entretanto, a experiência de maior sucesso e que influenciou diversas cidades pelo mundo todo foi a Rede Integrada de Transporte (RIT) iniciada em Curitiba, em 1974 (SUMMIT, 2021).

O *Bus Rapid Transit* (BRT) é um sistema de transporte coletivo que utiliza autocarros e os faz circular em faixas ou vias exclusivas, com o objetivo de promover um serviço rápido, eficaz, confortável e a custos moderados. Basicamente, um sistema BRT incorpora as melhores características de desempenho de modernos sistemas ferroviários e concilia-as com a flexibilidade do sistema de veículos de transporte coletivo rodoviário. Desta forma, torna-se um sistema integrado designado para melhorar a velocidade, confiabilidade e identidade do sistema convencional de autocarros, mas com custos acessíveis à grande maioria das cidades. (BRANCO, 2013)

O sistema BRT é constituído por elementos que asseguram um serviço frequente e constante, velocidades operacionais elevadas e alta capacidade. Para tal, estes elementos devem possuir um nível de qualidade alto, e através da análise pormenorizada de cada um deles, é possível definir com mais detalhes o sistema. (BRANCO, 2013). No estudo sobre a aplicação de sistemas BRT, Branco traz algumas características presentes na maioria dos sistemas BRT implementados com sucesso, são elas:

- Corredores exclusivos ou com prioridade ao transporte coletivo;
- Entrada e saída de passageiros de nível;
- Sistemas tarifários de pré-pagamento e integrados;
- Veículos de alta capacidade, modernos e com tecnologias mais limpas;
- Transbordos facilitados;
- Programação e controle rigorosos da operação;
- Sinalização e informação aos utentes.

Na figura 10 pode-se observar algumas das características citadas anteriormente.

Figura 10: Linha Ecovia de Quito.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

No entanto, nem todos os elementos podem ser precisos ou exequíveis dentro de determinado cenário, uma vez que são as circunstâncias locais que o ditarão. Para cidades menores ou com maiores restrições financeiras, o tipo de sistema mais apropriado poderá não conter todos os requisitos e ser, igualmente, uma solução viável (BRANCO, 2013).

Wright e Hook (2008) fazem uma abordagem em níveis da grande variedade de sistemas BRT existentes, onde o BRT “Completo” fica no nível mais alto, apresentando muitas semelhanças com os sistemas de metrô. Os níveis são:

- BRT “leve”:
 - Existe alguma forma de prioridade, mas não vias totalmente segregadas;
 - Os melhores tempos de viagem;
 - Embarques e desembarques com mais qualidade;
 - Tecnologia veicular de baixas emissões;
 - Identidade de mercado.
- BRT:
 - Vias segregadas;
 - Cobrança externa ao veículo;
 - Estações com melhor qualidade;
 - Tecnologia veicular de baixas emissões;
 - Identidade de mercado.
- BRT “Completo”:

- Vias segregadas ou faixas exclusivas na maioria da extensão do sistema troncal/corredores centrais da cidade;
- Vias para autocarros localizadas nas faixas centrais;
- Existência de uma rede integrada de linhas e corredores;
- Estações modernas, confortáveis, seguras, abrigadas e com acessibilidade;
- Acesso de nível entre a plataforma da estação e o veículo;
- Interfaces e estações de transferência para facilitar a integração física entre linhas troncais, serviços alimentadores e outros sistemas de transporte coletivo;
- Cobrança e controle de tarifas antes do embarque;
- Integração física e tarifária entre linhas, corredores e serviços alimentadores;
- Distinta identidade de mercado;
- Entrada no sistema restrita a operadores prescritos, com uma estrutura administrativa e de negócios renovada.

Na figura 11 pode-se observar alguns elementos presentes em um sistema BRT, e que propiciam bom desempenho e qualidade no serviço de transporte público. Esses elementos consistem em vias segregadas para os veículos TP, centro de controle operacional, veículos grandes com várias portas largas, imagem distinta e estações com sistemas de pré-pagamento e embarque de nível.

Figura 11: Componentes do sistema BRT, “Macrobus” Guadalajara, México.



Fonte: Branco (adaptado), 2013.

Na figura 12 pode-se observar a quantidade de projetos e obras em andamento /finalizadas, que tratam da priorização do transporte público por ônibus no Brasil. Na mesma, pode-se perceber que há iniciativas buscando melhorias na qualidade das viagens por transporte público coletivo no Brasil, mas ainda há muito a evoluir e a dar segmento, como a grande quantidade de projetos que ainda não estão sendo executados.

Figura 12: Projetos de priorização do transporte público por ônibus.



Fonte: NTU, 2023.

2.3.1 Preparação de projeto

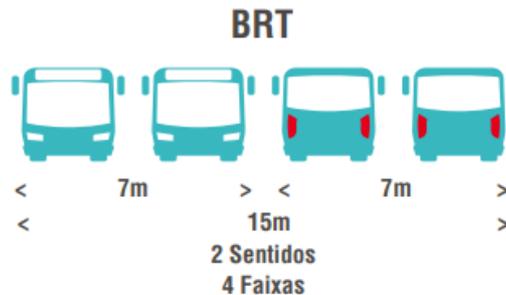
Um projeto de BRT pode ser planejado dentro de um período de 12 a 18 meses. É necessário que na fase de planejamento da implantação deste sistema em uma cidade seja feita uma análise de demanda, que proporcionará a base para o desenho do sistema. A compreensão do tamanho da demanda de usuários ao longo dos corredores e a localização geográfica das origens e destinos fornecem aos planejadores a capacidade de aproximar as características do sistema com as necessidades dos usuários (WRIGHT; HOOK, 2008).

O Manual de BRT apresenta duas opções para estimar a demanda de usuários: 1.) Método de avaliação expedita; 2.) Avaliação com um modelo de transporte completo. Como o nome sugere, o “método de avaliação expedita” permite que as cidades façam uma estimativa aproximada da demanda com relativa rapidez e com um orçamento modesto. Nesse caso, contagens básicas de tráfego são combinadas com pesquisas de embarque e desembarque nos serviços de transporte público existentes. A esperada

demanda do novo sistema BRT é, a grosso modo, igual à utilização existente de transporte público no corredor mais uma porcentagem de novos passageiros provenientes de veículos particulares (e.g., talvez um deslocamento de 10% de veículos particulares, dependendo das circunstâncias locais) (WRIGHT; HOOK, 2008).

A escolha dos corredores baseia-se em diversos fatores, como: demanda de usuários, vantagens para rede atual, características viárias, facilidade de implementação, custos, igualdade social e considerações políticas. Na primeira fase de um projeto, o(s) corredor(es) escolhido(s), provavelmente, atenderão origens e destinos populares para testar a tecnologia e adquirir sustentabilidade financeira logo no início do projeto. Uma faixa padrão de BRT requer aproximadamente 3,5 metros de largura (figura 13), enquanto as estações têm entre 2,5 e 5,0 metros. Ainda que haja restrições de espaço para um projeto de BRT, existem muitas soluções para superá-las, como o uso do canteiro central, o alargamento da via, a separação da via só para o transporte público, a colocação de separadores, a separação da superfície e operação junto com o tráfego misto (WRIGHT; HOOK, 2008).

Figura 13: Largura necessária para implantação de faixas de BRT.



Fonte: ANPTrilhos, 2017.

2.3.2 Projeto Operacional

Os sistemas BRT podem ser abertos ou fechados. Os sistemas que limitam acesso aos operadores predefinidos são conhecidos como “sistemas fechados”. Neste caso, companhias privadas competem pelo direito de oferecer serviços de transporte público através de licitações públicas. Esse sistema também permite que apenas veículos com características bem específicas operem no corredor. Já os “sistemas abertos” apresentam implementações de sistemas de corredores sem qualquer reforma do setor ou qualquer exclusividade (WRIGHT; HOOK, 2008).

Em geral, estruturas fechadas conduzem a uma operação mais eficiente, já que o número de empresas e o número de veículos são racionalmente selecionados e cuidadosamente controlados. Em sistemas abertos qualquer empresa que antes prestava serviços de transporte coletivo continua com direito de prestar serviços com o novo corredor, e em alguns destes sistemas, empresas continuarão, basicamente, a operar as mesmas linhas que operavam antes. Isso faz com que sistemas abertos acabem sendo projetados em torno das preferências das empresas operadoras, o que não é necessariamente em torno das melhores condições para os usuários (WRIGHT; HOOK, 2008).

Os sistemas abertos não exigem grandes mudanças na estrutura reguladora dos serviços de transporte existente, e são implantados em cidades onde geralmente não há suficiente força ou vontade política para reorganizar o sistema de ônibus. Por esses motivos, na forma de uma simples faixa exclusiva, um sistema aberto pode ser indistinguível de um serviço de ônibus normal (WRIGHT; HOOK, 2008).

As figuras 14 e 15 ilustram possíveis problemas em sistemas abertos de BRT.

Figura 14: Congestionamento nos corredores de ônibus, sistema aberto de Taipei.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

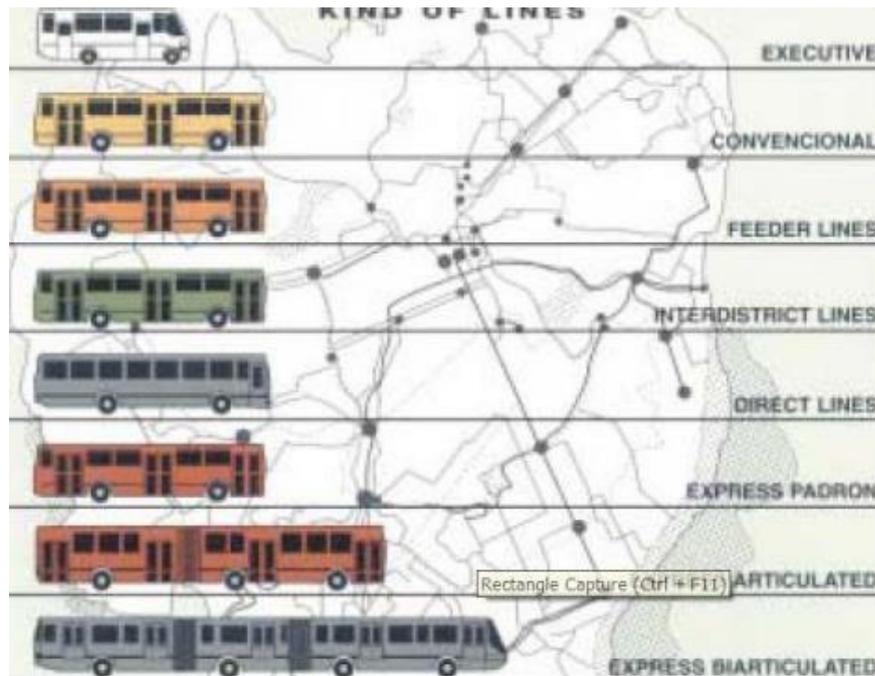
Figura 15: Caminhão de lixo usando indevidamente corredor exclusivo de ônibus, em Quito.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

É notório que um sistema de transporte público coletivo necessita englobar as mais diversas áreas de uma cidade para que alcance sua máxima eficiência, e por isto o sistema BRT pode apresentar veículos de diferentes capacidades em determinados trajetos para se adaptar as demandas e especificidades de cada local. Curitiba é um grande exemplo de implantação eficiente do sistema BRT no Brasil. A “Rede Integrada de Transportes” (RIT) engloba uma gama de tipos de veículos e de linhas, como pode ser visto na figura 16. Dentro destes sistemas, passageiros são capazes de fazer transferências sem pagamento adicional. Servir as partes mais densas da cidade geralmente requer um alto volume de veículos de alta capacidade, enquanto as áreas residenciais de baixa densidade podem ser servidas de forma mais econômica por veículos menores (WRIGHT; HOOK, 2008).

Figura 16: Variedade de tipos de veículos e linhas, BRT Curitiba.



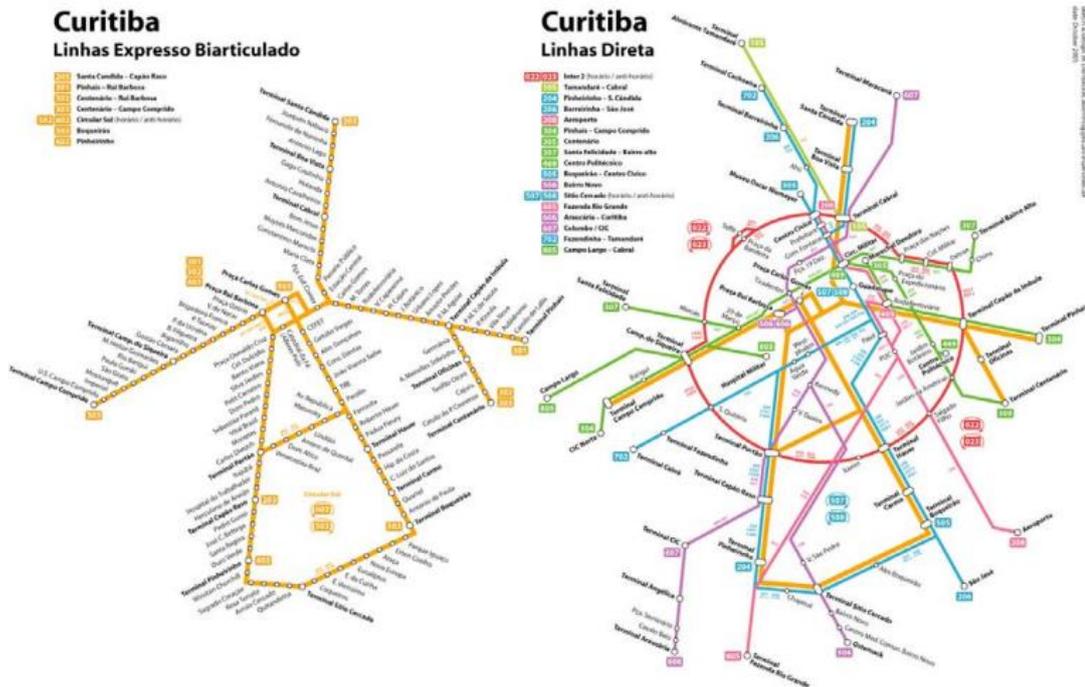
Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Em termos de estruturas de serviço globais, em geral existem três opções, que são:

1. Serviços tronco-alimentadores: utilizam veículos menores em áreas de baixa densidade e veículos maiores ao longo de corredores em áreas de alta densidade. Os veículos menores “alimentam” os corredores “troncais” maiores;
2. Serviços diretos: focam em menor utilização de veículos alimentadores, pegando passageiros diretamente na sua origem e seguindo por um corredor principal.
3. Serviços híbridos: misto entre tronco-alimentadores e diretos.

Pode-se observar na figura 17 o mapa de linhas de Curitiba, onde o sistema é híbrido e apresenta alta flexibilidade, porém acaba sendo um pouco complexo para um usuário que está o conhecendo pela primeira vez.

Figura 17: Mapa de linhas de Curitiba.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

2.3.3 Infraestrutura do sistema

Neste tópico serão abordados os materiais que devem compor as vias do sistema BRT, os tipos de faixas e de separação destas faixas, aspectos técnicos sobre as estações e comunicações com os usuários.

2.3.3.1 Vias exclusivas e separação

As faixas exclusivas do sistema evitam atrasos devido ao congestionamento do tráfego misto, além disto, por serem alocadas em corredor no eixo central das vias evitam que os ônibus tenham que circular nas faixas próximas às calçadas onde há movimento de carros e caminhões parando, estacionando ou entrando em acessos ou ruas transversais (ITDP Brasil, 2015).

O pavimento deve ser dimensionado de forma a suportar o efeito dinâmico dos veículos, já que a qualidade da via influencia na velocidade do sistema. Deste modo, o concreto torna-se uma melhor opção quando comparado ao asfalto. Porém em casos em que não haja recursos financeiros suficientes disponíveis, pode-se optar pela utilização de concreto somente na região das estações, onde o pavimento é mais

solicitado (WRIGHT; HOOK, 2008). A figura 18 apresenta uma faixa exclusiva para BRT onde foi utilizado pavimento em concreto, além de mostrar uma zona de ultrapassagem e um dos tipos de segregação da via exclusiva.

Figura 18: Ultrapassagem na zona da estação com pavimento em concreto e utilização de blocos para segregação da via de ônibus e tráfego misto



Fonte: EMBARQ Brasil, 2012

O sistema em geral possui operações de serviço expresso (que vão de um terminal ao outro direto), serviço acelerado (parada em algumas estações) e serviços paradores (que param em todas as estações). A existência de ultrapassagem nas zonas das estações influencia diretamente no desempenho do sistema, permitindo esta variedade de serviços e dando celeridade as viagens. Além disto, pode-se prever faixa dupla para cada sentido em toda a extensão do sistema para dar mais agilidade ao BRT (NTU, 2010).

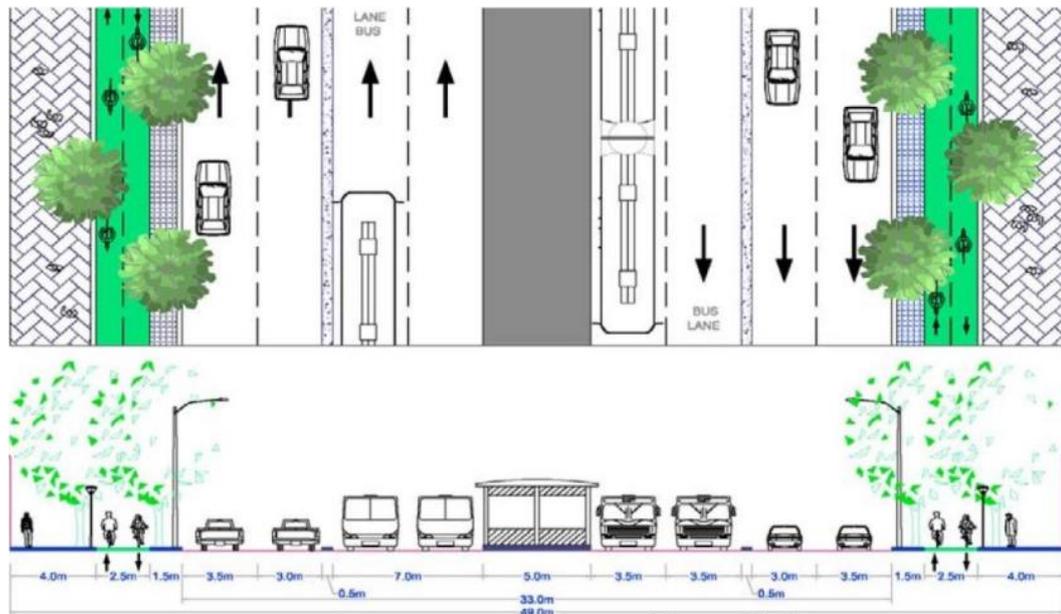
De acordo com Wright e Hook (2008), as larguras mínimas recomendadas para uma via que tenha corredor BRT com faixa dupla, 2 faixas de tráfego misto, ciclovia e calçada para pedestres, em ambos os sentidos, são:

Tabela 4: Largura mínima recomendada por sentido

Tipo de Faixa	Largura mínima recomendada por sentido (m)
Calçada para pedestre	3,0
Ciclovia	2,5
Corredor de ônibus na estação	3,0
Corredor de ônibus fora da estação	3,5
Canteiro separador do corredor	0,5
Tráfego misto, ao lado da calçada	3,5
Tráfego misto, outras posições	3,0
Largura da estação	3,0
Largura mínima recomendada por sentido	22,0

Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

A Figura 19 mostra um projeto conceitual de BRT que obedece às larguras mínimas recomendadas na tabela 04.

Figura 19: Projeto conceitual do BRT da cidade de Dar es Salaam, Tanzânia.

Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Segundo Wright e Hook (2008), algumas vias de ônibus no sistema BRT não são separadas fisicamente das de tráfego misto, mas a maioria possui algum tipo de

barreira física. Esta barreira pode ser executada de diferentes maneiras, mas em geral é idealizada utilizando-se:

- canteiro ajardinado;
- simples blocos;
- separadores;
- guias;
- cones fixos;
- muros;
- grades metálicas.

Um muro ou um canteiro ajardinado oferece mais proteção para a via de ônibus, mas torna complicado para os veículos saírem da via em caso de obstrução ou emergência (figura 20).

Figura 20: BRT de Guangzhou separado por canteiro completamente ajardinado.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

As grades metálicas também tornam impossível para os veículos de BRT abandonarem o corredor em caso de emergência, porém podem ser barreiras móveis e oferecer boa praticidade caso os desenvolvedores de sistema decidam alargar a via e mover as grades de local, como pode ser observado na figura 21 a seguir.

Figura 21: BRT em Beijing separado por grades metálicas.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Para que os veículos possam deixar o corredor em caso de obstrução ou emergência, por exemplo, se um ônibus quebrar na via, pode ser útil projetar um separador que permita isto, fazendo com que outros ônibus possam sair da faixa para evitar serem bloqueados (WRIGHT; HOOK, 2008). Uma opção para isso é utilizar blocos separadores (Figura 22).

Nessa situação é importante que estes blocos sejam altos o suficiente para dissuadir veículos particulares de entrar, mas baixos o bastante para permitir que os ônibus saiam seguramente da via. Para isto os blocos devem ser arredondados do lado da via de ônibus e verticalmente retos pelo lado dos veículos particulares (WRIGHT; HOOK, 2008).

Também se faz necessário que os blocos possuam boa resistência para não se deteriorarem com o tempo e com as possíveis passagens das rodas dos ônibus, pois esta deterioração pode acabar possibilitando invasões indevidas na faixa BRT, como mostra as figuras 23 e 24.

Figura 22: BRT em Bogotá separado por blocos.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Figura 23: Blocos separadores suscetíveis a danos e deterioração - BRT de Quito.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Figura 24: Invasões a via de ônibus, BRT de Quito.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

O BRT também pode circular em áreas com grande circulação de pedestres. Isto é possível e já funcionou sem separação, apenas reduzindo as velocidades dos veículos para permitir que motoristas reajam a qualquer pedestre adentrando a via de ônibus. Mas uma separação parcial ou total pode ser necessária em operações de altos volumes (WRIGHT; HOOK, 2008). Uma possível e visualmente atraente separação neste caso é a utilizada ao longo da linha da Alameda Jimenez em Bogotá, como mostra a figura 25.

Figura 25: BRT ao longo da Alameda Jimenez em Bogotá com postes separando a via de ônibus da zona de pedestres.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

2.3.3.2 Estações

Estações de sistemas BRT possuem em geral requisitos básicos, como embarque em nível, cobrança de tarifa fora do ônibus, acessibilidade universal e boa comunicação com os usuários.

A construção da plataforma da estação de ônibus no mesmo nível que o piso do ônibus (ou seja, eliminando o vão vertical) é uma das formas mais importantes de reduzir os tempos de embarque e desembarque dos passageiros. Quando os passageiros têm que subir os degraus, mesmo se baixos, isto acarreta atrasos pois os usuários levam mais tempo para embarcar, especialmente as pessoas mais idosas, com deficiência, acompanhadas de crianças pequenas ou carregando volumes (como malas de viagem). A redução ou eliminação do vão entre o veículo e a plataforma (vão horizontal) é também essencial à segurança e conforto dos passageiros (ITDP, 2016).

A figura 26 a seguir demonstra o embarque em nível realizado em estações tubo no BRT de Curitiba.

Figura 26: Embarque em nível, BRT de Curitiba.



Fonte: Prefeitura de Curitiba, 2019.

Além da utilização do embarque em nível para gerar mais velocidade nos embarques e desembarques dentro das estações, é necessário buscar “encurtar” a distância entre os ônibus e a plataforma. Isto pode ser alcançado de diversas maneiras, como com a utilização de vias guiadas para os ônibus nas estações, marcadores de alinhamento, guias-metálicas e pontes de embarque (ITDP, 2016).

A cobrança da tarifa em sistemas BRT pode ser realizada das seguintes maneiras:

- Cobrança e verificação do pagamento fora do veículo;
- Cobrança fora do veículo e verificação a bordo.

A cobrança e verificação do pagamento fora do veículo funciona com os passageiros passando por um portão, catraca ou ponto de controle no qual seu bilhete é verificado ou dele se deduz a tarifa depois de entrarem na estação (figura 27). É o método mais eficaz para reduzir as demoras do pagamento a bordo, diminuindo o tempo de permanência do veículo na estação e garantindo mais agilidade aos serviços. Isso porque evita o manuseio de dinheiro no interior do ônibus e retira a necessidade de conferência de pagamento a bordo do veículo (WRIGHT; HOOK, 2008).

Figura 27: Catracas em estação de BRT em Fortaleza.



Fonte: Helene Santos (G1), 2020.

Já a cobrança fora do veículo e verificação a bordo é realizada a medida em que os passageiros pagam a tarifa em um quiosque e recebem um bilhete em papel, que é checado a bordo do veículo por um inspetor (ITDP, 2016).

Outro ponto que eleva a qualidade das estações de BRT é a implantação de portas deslizantes (figura 28) pelas quais os passageiros entram e saem dos ônibus, reduzindo o risco de acidentes e impedindo que pedestres entrem ou saiam da estação por locais não autorizados (ITDP, 2016).

Figura 28: Portas deslizantes – BRT de Guangzhou.



Fonte: ITDP, 2016.

Além dos pontos acima citados, a estação deve ser projetada de forma a permitir que pessoas com deficiências físicas, auditivas e visuais, assim como idosos, crianças, grávidas e pessoas portando volumes, ingressem no sistema de maneira autônoma e segura (WRIGHT; HOOK, 2008).

Para tal, é necessário que as rampas obedeçam aos critérios de acessibilidade assegurados pelas normas brasileiras. Conforme NBR 9050, a largura livre recomendável é de 1,50 m, sendo 1,20 m a medida mínima admissível. O quadro

01 a seguir apresenta os desníveis e inclinações admissíveis para rampas de acessibilidade, os quais devem ser obedecidos também pelas rampas de acesso ao sistema BRT.

Quadro 1: Dimensionamento de rampas.

Inclinação admissível em cada segmento de rampa [%]	Desníveis máximos de cada segmento de rampa [m]
5,00 (1:20)	1,50
$5,00 (1:20) < i \leq 6,25 (1:16)$	1,00
$6,25 (1:16) < i \leq 8,33 (1:12)$	0,8

Fonte: ABNT, 2004, p. 42.

Sendo assim, as rampas de acesso para estações BRT com plataformas que apresentam altura inferior a 0,8 m podem ter inclinação máxima de 8,33%. Já as para estações BRT com plataformas de altura entre 0,8 e 1,00 m têm como limite a inclinação de 6,25%.

2.3.3.3 Comunicação com o usuário

Hoje em dia cada vez mais usuários de transporte público acessam as informações do mesmo de forma online, como mapas de rotas e horários de partida/chegada. Mas esta forma de busca de informações é restritiva, a medida em que pessoas com deficiências visuais, idosos que não sabem mexer em determinados aplicativos, e pessoas sem acesso a um celular ou internet, acabam não conseguindo obter tais informações de forma simples.

Logo, a prestação de informações para os passageiros nas estações, próximo a elas e nos ônibus se tornam uma peça fundamental para estabelecer boa comunicação entre o sistema e os usuários. As informações dadas aos passageiros em tempo real incluem painéis eletrônicos (com dados de chegada via GPS dos ônibus), mensagens de áudio digital (alertando sobre “próximo ônibus” nas estações e “próxima parada” nos ônibus) e informações dinâmicas em dispositivos móveis (ITDP, 2016). A figura 29 ilustra um exemplo de utilização de painéis eletrônicos em estações BRT.

Figura 29: Informações em tempo real via painéis eletrônicos - BRT em Guangzhou



Fonte: ITDP, 2016.

Também se faz necessário na comunicação do sistema o seu mapa completo. Este mapa deve permitir que a leitura das linhas e destinos seja de fácil e rápida interpretação. Para tal, sistemas BRT têm utilizado mapas usualmente característicos dos sistemas ferroviários, onde cada linha é identificada por uma cor, como ilustrado na figura 30. É recomendável dispor de mapas completos do sistema nos veículos e nas estações (BRANCO, 2013).

Figura 30: Mapa do sistema TransMilenio, Bogotá.



Fonte: EMBARQ, 2012.

As estações e veículos também devem incluir sinalização adequada, passando informações como por exemplo: instruções para compra de bilhetes, direções a seguir para efetuar as transferências, locais e direções para instalações de apoio ao utilizador, entre outros (BRANCO, 2013).

2.4 VLT

Algumas características do VLT no meio urbano, segundo Alouche (s.d.), são:

- Adaptação perfeita ao meio urbano e paisagístico;
- Projeto associado a uma renovação urbana;
- Seguro para os passageiros, rápido, confortável, movimentos suaves;
- Torna a cidade mais humana, mais habitável;
- Consegue na prática atrair os automobilistas;
- Compatível com as áreas dos pedestres e penetra nos centros históricos;
- Permite uma adaptação estética perfeita ao meio urbano;
- Limpo, nenhuma emissão, quando movido a tração elétrica;
- Pode ser implantado por etapas;
- Integra-se facilmente com o sistema de ônibus;
- Com ciclo de vida de mais de 30 anos, alternativa de transporte durável e de desenvolvimento sustentável.

A revitalização é o primeiro benefício que as linhas de VLT trazem aos bairros e às regiões onde circulam. Para sistemas de igual capacidade, o VLT é a solução que apresenta mais vantagens, com emissões gerais muito mais baixas durante seu ciclo de vida (ANPTrilhos, 2017).

Implementar uma linha de VLT gera um impacto positivo de qualidade de vida das pessoas e dinamiza o comércio da região. Os bairros ficam mais convidativos e visualmente mais bonitos, o que impulsiona sua atividade econômica, gerando mais empregos. Em Freiburg, na Alemanha, os preços dos imóveis localizados nas proximidades do trajeto do VLT apresentaram aumento de 15% a 20%. Em Ontário, no Canadá, a valorização chegou a 25% (ANPTrilhos, 2017).

2.4.1 Preparação de projeto

Assim como para o BRT, inicialmente é essencial estabelecer claramente os objetivos e requisitos do sistema VLT. Isso envolve a identificação da capacidade de passageiros esperada, a extensão da rota, os padrões de segurança e acessibilidade, além de integração com outros modos de transporte. A definição precisa desses

parâmetros é fundamental para orientar todo o processo de preparação do projeto (SEMOB, 2020).

De acordo com Carvalho (2016b), a condução de estudos de viabilidade desempenha um papel crucial nesta etapa. Esses estudos abrangem a análise técnica, econômica, social e ambiental do projeto. A avaliação da demanda de passageiros, projeções de custos e benefícios, bem como os impactos ambientais e sociais são considerações essenciais nesse processo.

A engenharia detalhada da infraestrutura é outra dimensão crítica na preparação do projeto. Isso inclui o projeto de trilhos, estações, sistemas de energia, sinalização e comunicação, drenagem. Aspectos como acessibilidade universal e segurança dos passageiros devem ser cuidadosamente incorporados no design da infraestrutura (WRI BRASIL, et al., 2016).

Além disso, a integração do sistema VLT com o ambiente urbano circundante é uma consideração central. O planejamento cuidadoso do uso do solo, design urbano e integração com outros modos de transporte, como ônibus e bicicletas, são essenciais para garantir uma experiência de transporte integrada e eficiente para os passageiros (ANPTrilhos, 2017).

Por fim, a análise de riscos e o desenvolvimento de estratégias de mitigação são aspectos críticos da preparação do projeto. Identificar e avaliar possíveis problemas técnicos, financeiros, ambientais e sociais permite a implementação de medidas preventivas e corretivas adequadas para garantir o sucesso do projeto VLT (CARVALHO, 2016b).

2.4.2 Projeto Operacional

O projeto operacional deve contemplar estratégias para garantir a segurança e o conforto dos passageiros ao longo de todo o percurso. De acordo com a SEMOB (2020), importante que o projeto leve em consideração a adoção de medidas de segurança, como a implantação de sistemas de monitoramento e controle de acesso, bem como a manutenção adequada da infraestrutura e dos equipamentos do VLT. A figura 31 demonstra medidas de segurança e acessibilidade em um projeto de VLT e seu entorno.

Figura 31: Aspectos de segurança e acessibilidade em um projeto VLT.



Fonte: (WRI BRASIL, et al., 2016).

Além disso, o projeto operacional deve considerar a gestão eficiente da operação do VLT, incluindo a capacitação de equipes, a implementação de sistemas de bilhetagem e controle de acesso, e a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e da infraestrutura (F. F. BERNARDES; W. R. FERREIRA, 2016).

Há algumas formas de viabilizar a execução de um projeto operacional de VLT segundo a ANPTrilhos (2017):

Com a confirmação do interesse do projeto, ele pode ser desenvolvido, então, como uma obra pública, com uma operação pública ou privada (por meio de contratos de operação de longo prazo) ou como uma Parceria Público-Privada (PPP), com a construção e operação por parte da iniciativa privada com contrapartidas do Estado. No caso de desenvolvimento via PPP, uma fase preliminar de Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI) pode ser promovida pelo poder público, para o recebimento de propostas que incluam os aspectos técnicos, econômico-financeiros e jurídicos, elaborados por grupos privados que estudem mais profundamente o projeto e apresentem suas soluções mais viáveis.

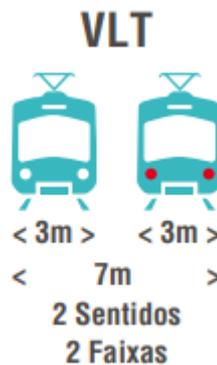
Em síntese, o projeto operacional de um sistema VLT é um componente essencial para garantir sua eficiência, segurança e sustentabilidade. Ao considerar aspectos como horários de operação, segurança dos passageiros, integração com outros modos de transporte e gestão eficiente da operação, é possível desenvolver um sistema que atenda às necessidades da comunidade e promova a mobilidade urbana de forma eficaz (WRI BRASIL, et al., 2016).

2.4.3 Infraestrutura do sistema

O VLT pode garantir uma capacidade de transporte que varia de 15.000 a 35.000 pass/h/sentido de acordo com seu grau de segregação e a tecnologia adotada, sendo assim uma alternativa adequada para um corredor de transporte de média capacidade (Alouche, s.d.).

Ele pode ser formado por três, cinco, sete ou até nove módulos, conforme a cidade e demanda de passageiros por horário/sentido ou região. O sistema necessita de no mínimo 3 metros de largura para uma via singela em reta, e de no mínimo 6,5 metros para via dupla em reta. As larguras das estações estão diretamente associadas às demandas nos horários de pico, isso é o que define o tamanho de cada estação (ANPTrilhos, 2017). Na figura 32 a seguir pode-se observar a largura necessária para as composições de VLT.

Figura 32: Larguras necessárias para implantação de faixas do sistema VLT.



Fonte: ANPTrilhos, 2017.

O sistema possui Centros de Controle Operacional (CCO) com linhas diretas com o Centro de Operação da Cidade, que por sua vez tem rápida conexão com serviços como SAMU, Polícia Militar e Bombeiros, o que possibilita melhor coordenação entre as entidades e respostas mais rápidas a eventuais incidentes. Também pode operar sem catraca e sem cobrador (ANPTrilhos, 2017).

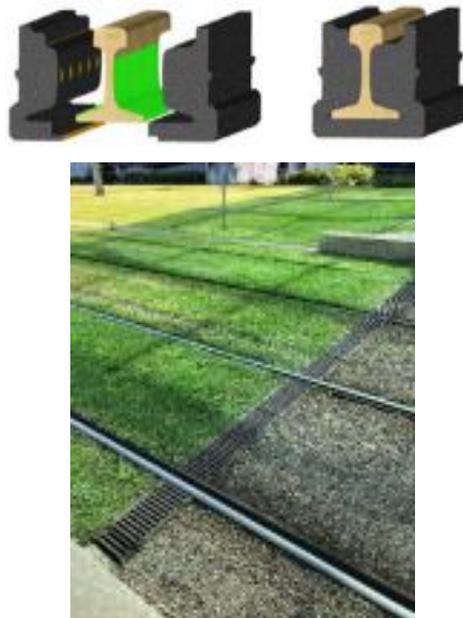
Com relação à sistemática de controle de arrecadação e de acesso, três modelos são os mais usuais: no primeiro, as atividades de venda e controle são realizadas nos próprios pontos de paradas; no segundo modelo, a venda e o controle de acesso são realizados no interior dos veículos e, por fim temos a alternativa de venda externa ao veículo e validação realizada na plataforma dos pontos de paradas e/ou a bordo do veículo (MOBILIZE BRASIL, s.d.).

2.4.3.1 Via Permanente

A denominada via permanente, estrutura que permitirá o tráfego dos veículos, deverá apresentar “estabilidade” adequada, de maneira a assegurar a operação comercial segura, bem como “elasticidade” adequada, de modo a garantir que os níveis de vibração transmitidos pela operação não ultrapassem os limites prescritos pelos códigos e leis e/ou normas técnicas vigentes. Devem ainda ser analisados os níveis de ruído primários que atingirão os receptores que existem ao longo da linha, tanto no período diurno quanto no período noturno, mais uma vez limitando-os aos limites legais (SEMOB, 2020).

Ainda de acordo com o autor citado, a via permanente do VLT pode variar de configuração dependendo do local em que é construída, por exemplo, em regiões fortemente urbanizadas, ela pode ser do tipo encapsulada, constituída por jaquetas de borracha, que se inserem de forma adequada no pavimento rodoviário e passeios públicos (figura 33). Ela também pode ser com dormentes de concreto apoiados sobre laje (figura 34), ou com o trilho aplicado diretamente sobre a laje (figura 35).

Figura 33: Via permanente de VLT encapsulada.



Fonte: SEMOB (adaptado), 2020.

Figura 34: Via permanente de VLT com dormentes de concreto.



Fonte: SEMOB, 2020 e G1 GLOBO, 2014.

Figura 35: Via permanente de VLT com trilho aplicado diretamente sobre a laje.



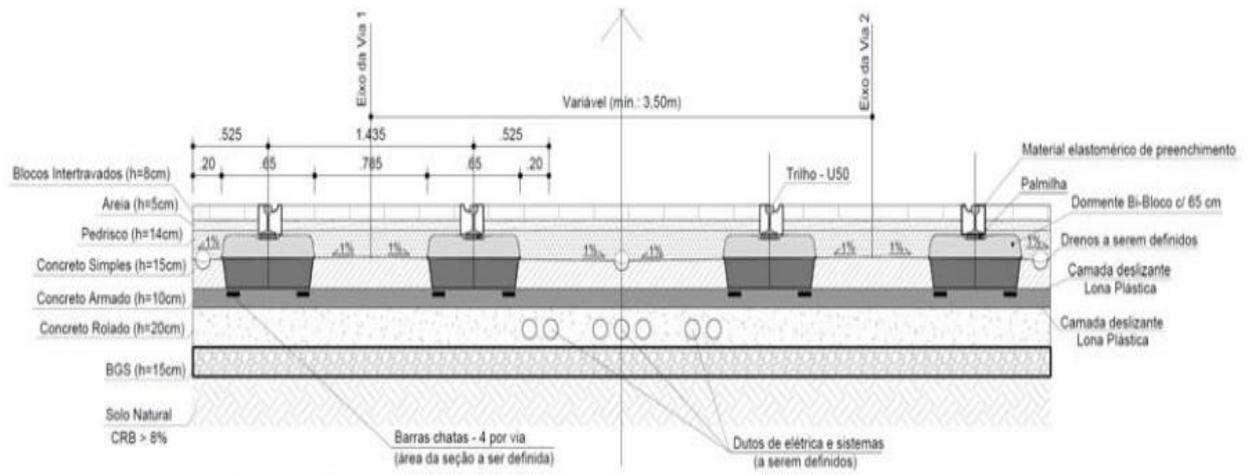
Fonte: SEMOB, 2020 e G1 GLOBO, 2014.

Quando o projeto opta pelos trilhos embutidos em partes ou em todo o trecho do VLT, o revestimento da superfície possui diversas opções, como grama, concreto, asfalto e bloco intertravado de concreto.

Em caso de via segregada para o VLT ou compartilhada apenas com transporte ativo, a mesma pode ser separada da via de tráfego misto por meios-fios, barreiras, tachões, ou desníveis, sempre compatibilizando as separações com partes de travessia de veículos e pedestres. Para o VLT, a altura da segregação deve ser suficiente a fim de impedir a invasão da via permanente por outros veículos (WRI BRASIL, et al., 2016).

Como a base para funcionamento do sistema VLT é energia elétrica, o projeto de via permanente deve considerar a alocação dos dutos, que servem de caminho para os cabos de energia e sistemas necessários (WRI BRASIL, et al., 2016). A figura 36 a seguir é parte de um projeto e ilustra os aspectos de uma seção transversal de via permanente, que devem ser levados em consideração na construção deste tipo de sistema.

Figura 36: Seção transversal de via permanente.



Fonte: SEMOB, 2020.

De acordo com trabalho publicado pela WRI BRASIL, et al. (2016), o greide do sistema é limitado devido a propulsão e frenagem do veículo e tende a ser de, no máximo, 7% ao longo da via, como mostra a figura 37 abaixo.

Figura 37: Seção transversal de via permanente.



Fonte: (WRI BRASIL, et al., 2016).

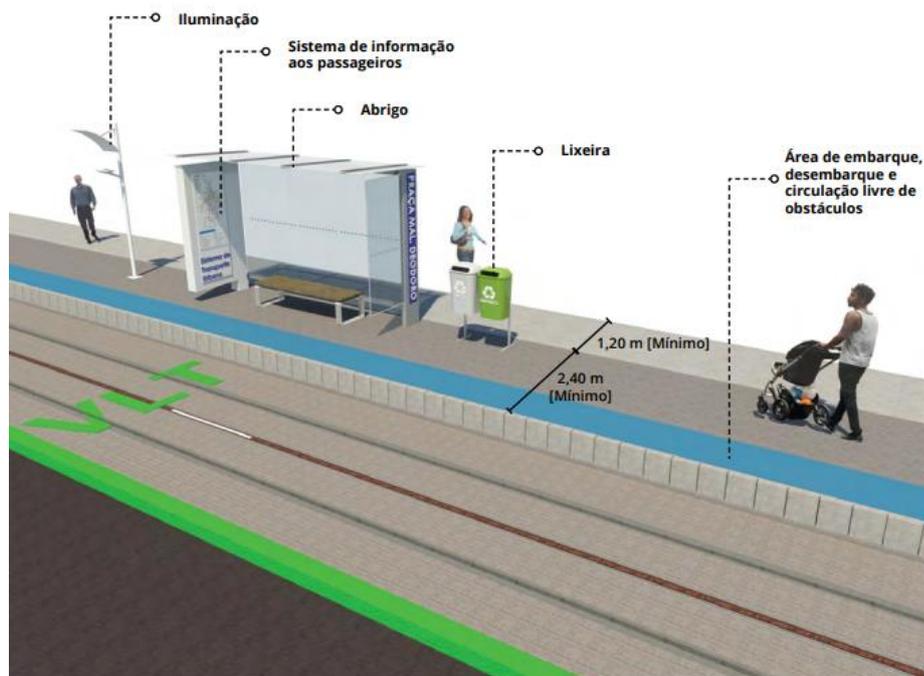
2.4.3.2 Estações

Nas estações, a área correspondente ao embarque, desembarque e circulação de passageiros deve estar livre de obstáculos que interfiram na circulação das pessoas, inclusive daquelas com mobilidade reduzida. É fundamental que as estações e pontos de parada tenham infraestrutura adequada a pessoas com mobilidade reduzida. Para isso, deve-se garantir que o piso tátil, as rampas e o guarda-corpo estejam em conformidade com a norma de acessibilidade (WRI BRASIL, et al., 2016). Além disso, os pontos de paradas e estações devem ficar localizados em locais importantes dos bairros ou regiões servidas, com os quais deverão estar

integrados e providos de uma sinalização eficaz, dando orientação e facilidade ao acesso dos usuários (MOBILIZE BRASIL, s. d.)

As plataformas de embarque e desembarque, dependendo do material rodante utilizado, devem ter entre 25 e 35 cm (em relação ao topo do trilho) de forma a propiciar o embarque em nível. O mobiliário a ser implementado em terminais, estações e pontos de parada deve conter, no mínimo, zona coberta, assentos, lixeira e iluminação (WRI BRASIL, et al., 2016). A figura 38 a seguir ilustra diversos pontos citados acima como requisitos mínimos para pontos de parada e estações VLT.

Figura 38: Requisitos para segurança e acessibilidade em paradas/estações de um sistema VLT.



Fonte: (WRI BRASIL, et al., 2016).

Em relação as larguras, deve-se obedecer a largura mínima de 2,40 m para pontos de parada, sendo 1,20 m destinado a instalação do abrigo e 1,20 m de espaço para o embarque e desembarque de passageiros. Para estações unidirecionais recomenda-se 2,65 m de largura, e para bidirecionais 3,45 m. Ressalta-se que as larguras destes locais devem estar coerentes com a quantidade de usuários que circulará nos mesmos em horários de pico (SEMOB, 2020).

Além destas considerações sobre as estações e os pontos de parada, é necessário levar em consideração o grande espaço necessário para os pátios de estacionamento e oficinas de manutenção dos veículos (figura 39), além da localidade destes pátios, que deve permitir uma posição facilitada para a injeção de trens e a tomada de serviço dos condutores.

Figura 39: Pátio de estacionamento VLT, Viena, Áustria.



Fonte: (WRI BRASIL, et al., 2016).

2.4.3.3 Tecnologias de comunicação

É de suma importância que haja uma comunicação clara e acessível para todos os usuários, que passarão por estações, pontos de paradas, pontos de travessia e pelos próprios veículos, por meio de sinalizações como placas, painéis, mapas, entre outras.

De acordo com o documento VLT no Rio (s.d.), os pontos de parada e estações devem ser dotados de sistema de informação aos usuários, usando os seguintes tipos de equipamentos:

- Painéis de mensagens fixas: nome da estação/parada; horário de funcionamento; sentido de tráfego; tipos de bilhetes e tarifas; direito e obrigações do usuário; mapa de linhas; mapa de localização da estação/parada e do entorno e principais pontos turísticos e de interesse; quadro das integrações com outros modais no entorno da estação/parada; orientações em geral; quadro de intervalos de acordo com horários e dias da semana; e publicidade;
- Painéis de mensagens variáveis: hora; temperatura; destino dos próximos veículos; tempo de espera previsto para os próximos veículos; mensagens educativas; campanhas institucionais, tipo: vacinação, semana cultural, matrícula escolar; etc; publicidade; e informações especiais sobre eventuais atrasos e interrupções de tráfego;

- Equipamentos de sonorização: operados à distância, pelo CCO ou localmente por operadores nas estações/paradas, transmitindo mensagens pré-gravadas, porém, permitindo a divulgação de outras informações, em casos especiais ou de emergência.

A figura 40 mostra uma passageira consultando painéis de mensagens fixas.

Figura 40: Sistema de informação aos usuários - VLT, Rio de Janeiro, Brasil.



Fonte: (WRI BRASIL, et al., 2016).

Além disso, ainda de acordo com a citação anterior, é necessário dar atenção às travessias e ingressos de usuários e pedestres, buscando atender os seguintes aspectos:

- Sinalização semafórica compatível com a priorização do sistema de transporte;
- Sinalização viária horizontal, vertical e travessias de pedestres;
- Redutores de velocidade nas vias próximos às travessias;
- Piso podó tátil na faixa de travessia para facilitar o uso por deficientes visuais;
- Calçadas adequadas e com bom padrão de qualidade no entorno dos pontos de paradas.

A figura 41 traz diversas sinalizações verticais utilizadas nos arredores das estações e vias permanentes do sistema VLT.

Figura 41: Placas de sinalização vertical de regulamentação e advertência para condutores de veículos, ciclistas e pedestres - VLT.



Fonte: (CONTRAN, 2022).

2.5 BRT X VLT

Neste tópico serão abordadas características dos sistemas BRT e VLT que podem ser comparadas e tomadas como critérios de escolha entre as duas opções de transporte.

2.5.1 Custos

Veículos sobre trilhos não operam além dos limites da linha, havendo a necessidade de expansão de toda a infraestrutura de alimentação e rodagem por todos os trechos que serão atendidos pelo serviço. Já o BRT possui uma infraestrutura menos elaborada, tendo um custo de implantação por quilômetro inferior à qualquer outro sistema sobre trilhos, impondo ao órgão gestor de transporte menos stress quanto a necessidade de captação de recursos. Além disto, o BRT não necessita que a infraestrutura seja executada por toda a extensão do corredor, sendo a construção mais rápida e que causa menos transtorno à rotina da cidade (BOOSER, 2007).

É possível comparar investimentos entre cidades que já implementaram os sistemas, porém o nível de investimento final depende sempre da natureza das

condições locais. A tabela 5 apresentada a seguir indica que sistemas de BRT custam, em geral, de 500 mil dólares/km a 13 milhões de dólares/km, e a maioria dos sistemas é realizado por menos que 4 milhões de dólares/km. Já sistemas de bondes e VLT sem separação física aparecem no intervalo de 13 milhões de dólares/km a 40 milhões de dólares/km. As variações de intervalos indicam a natureza de custos locais. Além disto, o intervalo depende de características individuais a que cada sistema almejou, como qualidade das estações e separação do tráfego, bem como da forma que os fatores de custos foram considerados nos orçamentos, já que, por exemplo, peças de reposição e atividades de manutenção podem ser consideradas como investimentos, quando o mais usual seria colocar essas despesas em custos operacionais (WRIGHT; HOOK, 2008).

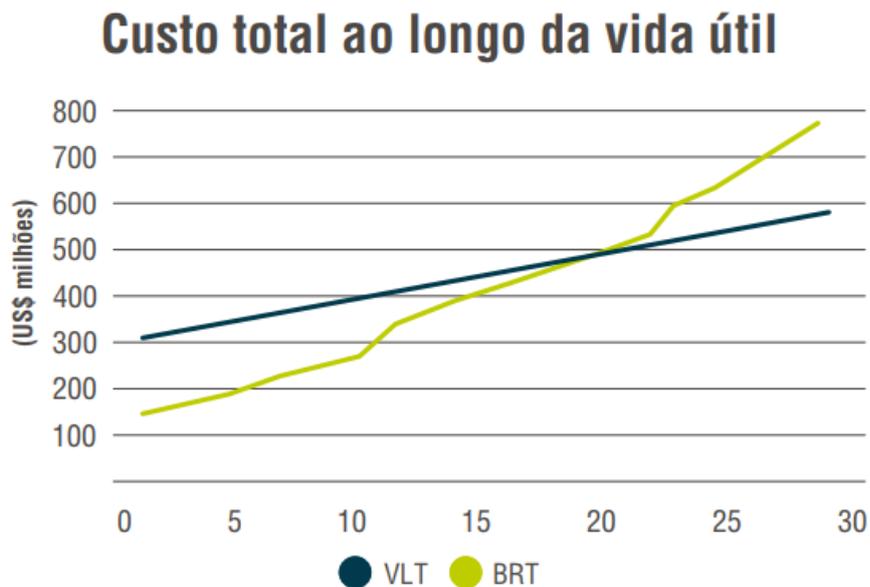
Tabela 5: Investimentos para diferentes sistemas de transporte de massa.

Cidade	Tipo de sistema	Vias segregadas (km)	Custo (milhões de dólares/ km)
Taipei	BRT — Bus rapid transit	57,0	0,5
Quito (Ecovia)	BRT — Bus rapid transit	10,0	0,6
Porto Alegre	BRT — Bus rapid transit	27,0	1,0
Las Vegas (Max)	BRT — Bus rapid transit	11,2	1,7
Curitiba	BRT — Bus rapid transit	57,0	2,5
São Paulo	BRT — Bus rapid transit	114,0	3,0
Bogotá (Fase I)	BRT — Bus rapid transit	40,0	5,3
Tunis	Bonde	30,0	13,3
San Diego	Bonde sobre trilhos	75,0	17,2
Lyon	Veículo leve sobre trilhos	18,0	18,9
Bordeaux	Veículo leve sobre trilhos	23,0	20,5
Zurich tram	Bonde	NA	29,2
Portland	Veículo leve sobre trilhos	28,0	35,2
Los Angeles (Gold Line)	Veículo leve sobre trilhos	23,0	37,8
Kuala Lumpur (PUTRA)	Linha de trilhos elevada	29,0	50,0
Bangkok (BTS)	Linha de trilhos elevada	23,7	72,5
Kuala Lumpur Monorail	Monotrilho	8,6	38,1
Las Vegas	Monotrilho	6,4	101,6
Mexico City (Ruta B)	Metrô	24,0	40,9
Madrid (1999 extension)	Metrô	38,0	42,8
Beijing Metro	Metrô	113,0	62,0
Shanghai Metro	Metrô	87,2	62,0
Caracas (Ruta 4)	Metrô	12,0	90,3
Bangkok MRTA	Metrô	20,0	142,9
Hong Kong Subway	Metrô	82,0	220,0
London (Jubilee Line ext.)	Metrô	16,0	350,0

Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Outra visão a ser considerada na escolha entre os dois sistemas são os custos a longo prazo, que levam em consideração os gastos ao longo da vida útil de cada sistema, como manutenções, gastos com energia elétrica e combustíveis para abastecer os veículos, e aquisição de novos veículos BRT ou composições de VLT. O gráfico 4, apresentado pela ANPTrilhos (2017), traz uma análise baseada em uma linha de 12km de extensão com 22 estações e capacidade de 7.000 passageiros por hora por sentido, sem levar em consideração custos de desapropriação.

Gráfico 4: Estudo comparativo de mercado entre os custos com BRT e VLT ao longo dos anos.



Fonte: ANPTrilhos, 2017

Observa-se que inicialmente o BRT necessita de menos investimento que o VLT, porém com o passar do tempo e decorrer da vida útil de ambos os sistemas, o VLT acaba tendo um menor custo total, devido aos menores custos com a manutenção e o funcionamento dele.

2.5.2 Tempo para implementação

Normalmente, o tempo de planejamento de um sistema BRT situa-se entre 12 e 18 meses, enquanto a construção dos corredores é concluída em torno de 12 a 24 meses. Os primeiros 40 km do sistema TransMilenio de Bogotá foram planejados e construídos em 3 anos, e a Fase I do sistema BRT de Beijing foi planejada em apenas 5 meses (BRANCO, 2013).

Já sistemas de base ferroviária requerem um processo de planejamento mais complexo e demorado. Em geral, são precisos mais de 3 ou 5 anos para completar o planejamento, e depois os prazos de execução podem atingir até 10 anos. A complexidade do projeto, escala das obras e obtenção de financiamento são pontos que influenciam e contribuem para possíveis atrasos na construção destes sistemas. Além disto, muitas vezes gasta-se tempo realizando o planejamento destes sistemas e, devido a mudanças na administração pública ou por falta de fundos suficientes, os projetos não saem dessa fase (BRANCO, 2013).

O quadro 2 apresenta os prazos estimados para implantação de 10 km de corredor para os diferentes sistemas.

Quadro 2: Comparação dos prazos de execução de sistemas de transporte público.

Modo de TP	Prazos de execução (anos)
Metro	9
LRT	5
BRT	2.5

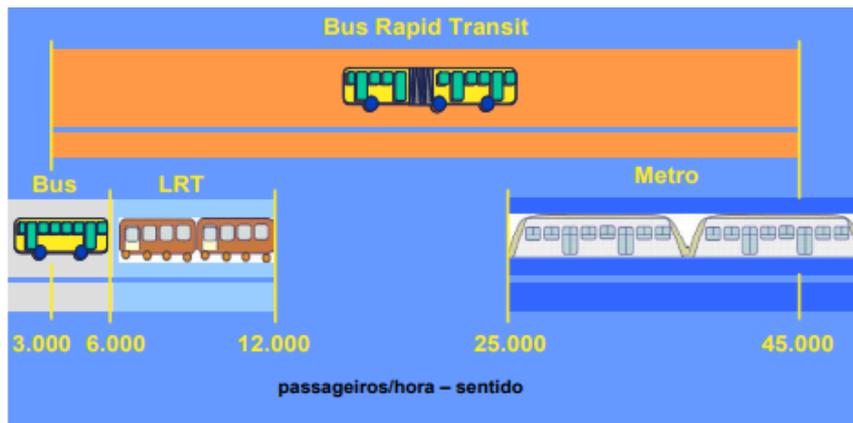
Fonte: Adaptado NTU, 2009.

2.5.3 Oferta

Algum tempo atrás, acreditava-se que serviços de ônibus só poderiam operar em uma faixa de até 5.000 ou 6.000 pass/(hora-sentido). VLT poderia cobrir a demanda até aproximadamente 12.000 pass/(hora-sentido). Qualquer coisa acima desse número necessitaria de um sistema de metrô ou de trens elevados. Entretanto, vias exclusivas de ônibus e sistemas de BRT começaram a mudar essa visão tradicional. Com o sistema de BRT de Bogotá agora alcançando a capacidade de 45.000 pass/(hora-sentido), um novo paradigma de capacidade está sendo criado. (WRIGHT; HOOK, 2008)

A figura 42 ilustra a citação acima, em relação aos limites de operação de cada tecnologia.

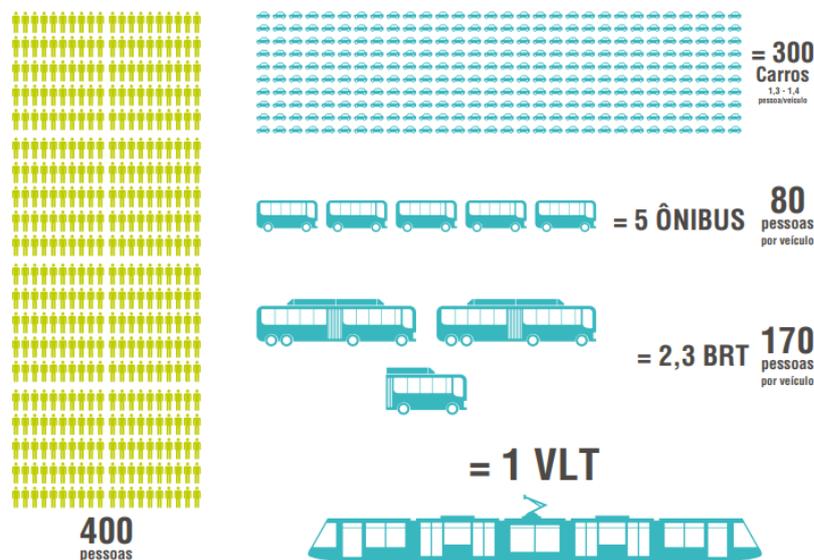
Figura 42: Visão da capacidade de transportes públicos.



Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

Um VLT é capaz de transportar mais de 400 pessoas em uma única viagem, enquanto um ônibus articulado transporta aproximadamente 170 pessoas, porém o BRT ainda leva vantagem pela versatilidade na hora da frenagem e ultrapassagem. Hoje em dia, com as tecnologias disponíveis, é possível operar um corredor de ônibus em alta frequência, o que não é possível no sistema VLT, que possui um tempo de frenagem demorado e é muito pesado, ele precisa de 3 ou 4 minutos para realizar o processo de parar e arrancar. Ao mesmo tempo, em que possui estas desvantagens, o VLT pode agregar vagões de acordo com sua necessidade. Os dois modos de transporte acabam se equiparando quando o assunto é capacidade de transporte (CASTRO, 2013). A figura 43 ilustra a comparação entre as capacidades de transporte de diferentes meios de transporte, incluindo o BRT e o VLT.

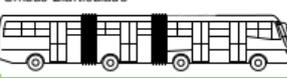
Figura 43: Comparativo de capacidade de transporte entre carros, ônibus simples, BRT e VLT.



Fonte: ANPT trilhos, 2017.

Na figura 44 a seguir também podemos observar os diferentes níveis de capacidade alcançados por variados tipos de ônibus, que podem ser utilizados no sistema BRT.

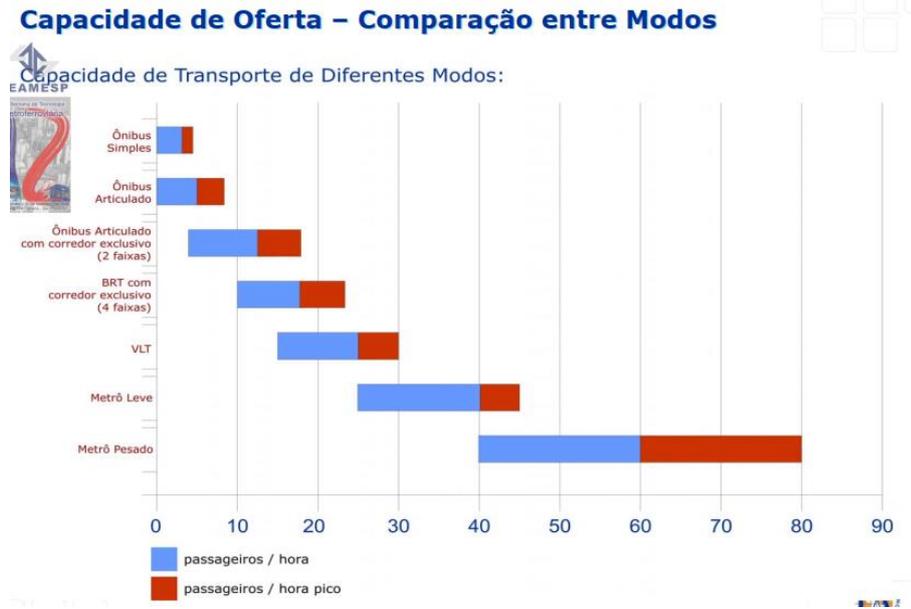
Figura 44: Capacidade por classe de ônibus.

Comprimento máximo (metros)	Capacidades (em passageiros) Em pé + sentados	Áreas médias (em m ²) para passageiros em pé
Microônibus  7,40	 20	0
Miniônibus  9,60	 35	2,5
Midiônibus  11,50	 50	4,9
Ônibus Básico  14,00	 74	6,5
Ônibus Padron  14,00	 85 a 98	8,9
Ônibus Articulado  18,60 / 23,00	 128 A 170	15,2 A 20,0
Ônibus Biarticulado  30,00	 197	25,0

Fonte: SPTrans, 2017.

Há diferentes visões sobre as capacidades de BRT e VLT, isto porque dependendo do número de composições do VLT e a frequência de viagem, as capacidades alternam extremamente, assim como dependendo da quantidade de faixas por sentido, frequência dos ônibus e de suas capacidades, a oferta do sistema BRT também alternam bastante.

Segundo Alouche (2007), o VLT possui maior capacidade de transportar passageiros que o BRT, como apresentado no gráfico 5 a seguir.

Gráfico 5: Capacidade de transporte de diferentes modos.

Fonte: Alouche (2007).

A capacidade real de diferentes sistemas espalhados pelo mundo também é influenciada pela cultura da região. Por exemplo, os sistemas de São Paulo e Hong Kong, bem como o de Bogotá, operam em condições em que os usuários viajam bem apertados. O sistema de metrô de Tóquio emprega trabalhadores de luvas brancas cujo trabalho se resume a empurrar passageiros para dentro dos vagões a fim de que eles se comprimam no vagão o máximo possível (WRIGHT; HOOK, 2008). A tabela 6 a seguir apresenta as capacidades atualmente obtidas em diferentes sistemas pelo mundo.

Tabela 6: Capacidade real de pico, sistemas de massa selecionados

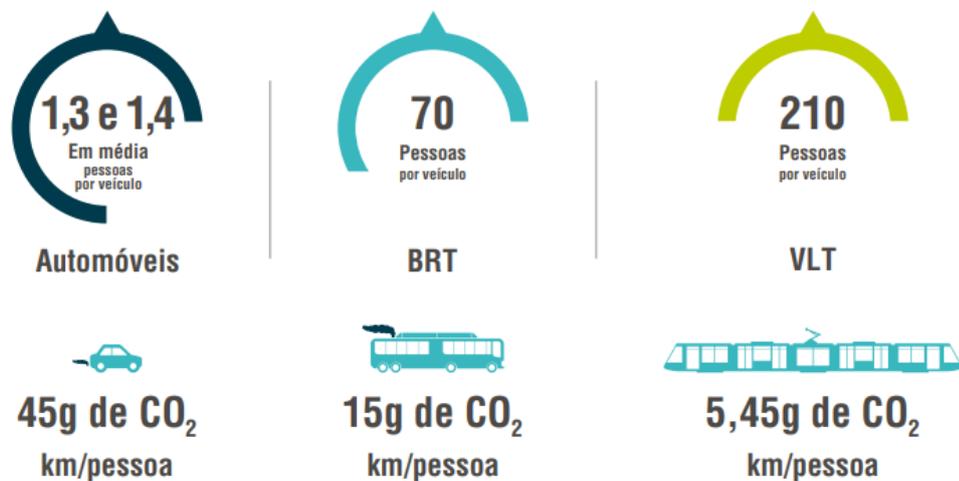
Linha	Tipo	Número de viagens (passageiro/hora-sentido)
Hong Kong Subway	Metrô	80.000
São Paulo, Linha 1	Metrô	60.000
Mexico City, Linha B	Metrô	39.300
Santiago, Linha La Moneda	Metrô	36.000
Londres, Linha Victoria	Metrô	25.000
Buenos Aires, Linha D	Metrô	20.000
Bogotá, TransMilenio	BRT	45.000
São Paulo, Corredor 9 de julho	BRT	34.910
Porto Alegre, Corredor Assis Brasil	BRT	28.000
Belo Horizonte, Cristiano Machado	BRT	21.100
Curitiba, Eixo Sul	BRT	10.640
Manila MRT-3	Trem Elevado	26.000
Bangkok, SkyTrain	Trem Elevado	22.000
Kuala Lumpur, Monotrilho	Monotrilho	3.000
Tunis	LRT	13.400

Fonte: WRIGHT; HOOK, 2008.

2.5.4 Emissão de poluentes

No quesito emissão de poluentes o VLT leva vantagem devido ao uso de energia limpa. Por ter veículos movidos à tração elétrica, a poluição é muito pequena, além de ter um menor impacto acústico que o BRT (CASTRO, 2012). Os veículos do BRT, por sua vez, operam com diesel e emitem poluentes para a atmosfera, gerando ruídos e fuligem no percurso do corredor, o que pode passar a impressão de sujeita e provocar uma paisagem menos harmoniosa. Isto é um dos fatores que explica como o VLT pode ter maior influência na valorização do uso do solo e no desenvolvimento de atividades (WRIGHT; HOOK, 2008). A figura 45 exemplifica a quantidade de passageiros transportados e a emissão de CO₂ gerada pelos carros, ônibus básico e VLT.

Figura 45: Fase de operação e emissão por tração.

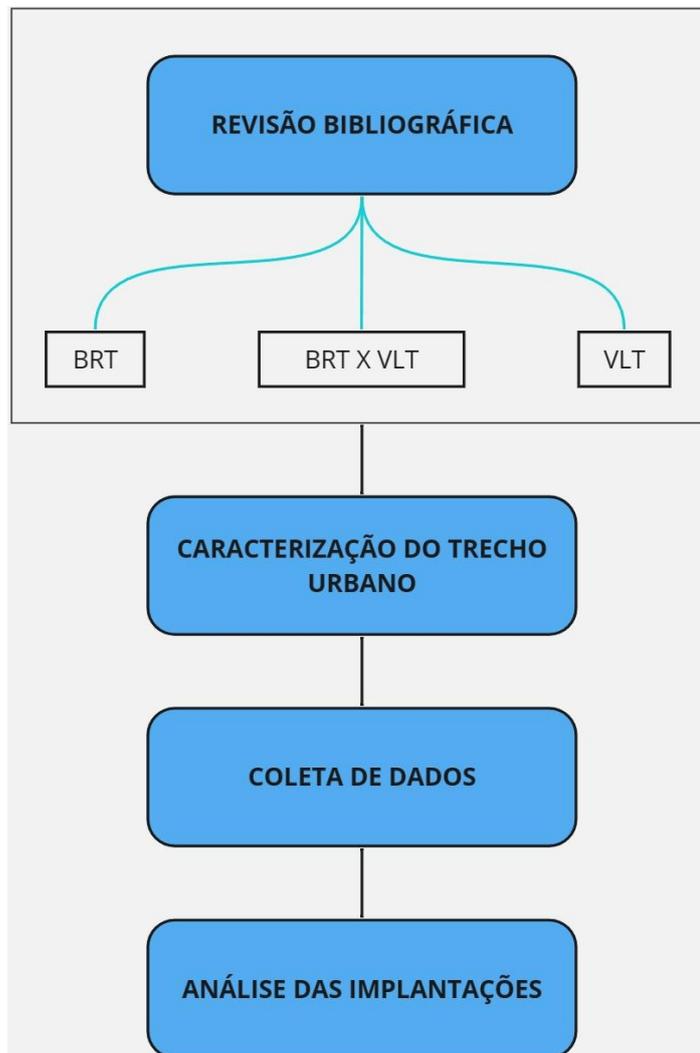


Fonte: ANPTrilhos, 2017.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo foi a de buscar referencial teórico suficiente, para posteriormente aplicá-lo em uma análise de situação real. O foco foi levantar informações relevantes sobre os sistemas Bus Rapid Transit (BRT) e Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para embasar a análise comparativa, depois caracterizar o trecho, e então realizar efetivamente a análise comparativa das implantações no trecho. O processo metodológico empregado neste trabalho está descrito na figura 46.

Figura 46: Fluxograma da Metodologia.



Fonte: Autor, 2023.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi utilizada para uma abordagem a respeito dos temas embasada cientificamente, trazendo suas especificidades e conhecimento para posteriormente serem aplicados na problemática do TCC. A seguir tem-se as divisões da revisão bibliográfica e a relevância de cada parte.

3.1.1 BRT

Estudo das características técnicas do BRT, suas funcionalidades, impactos socioambientais e econômicos, dentre outros aspectos que foram relevantes para a análise e comparação das implantações dos sistemas na cidade.

3.1.2 VLT

Sob a mesma óptica da revisão bibliográfica relativa ao BRT, foi realizado estudo e reconhecimento das características técnicas do VLT para análise e comparação das implantações dos sistemas na cidade.

3.1.3 BRT x VLT

Este tópico é referente a análise comparativa destes modos de transporte coletivo. O reconhecimento de estudos e análises que já foram elaboradas sobre o tema orientaram a análise comparativa deste trabalho, evitando-se erros e auxiliando na conclusão e nas recomendações.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO URBANO

Esta parte do trabalho trata de analisar pontos importantes da via, como cruzamentos, passarelas, viadutos, e possíveis empecilhos que devem ser levados em consideração para a realização das implantações.

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados é necessária para estimar e avaliar a demanda atual e futura por transporte público no trecho, visando obter mais dados técnicos para embasar a necessidade de melhorias e as avaliações sobre os diferentes sistemas. Esta parte do trabalho foi realizada através de contato com o órgão público DMTT, responsável pela gestão da mobilidade na cidade, que culminou na realização de uma entrevista com o Diretor do mesmo.

3.4 ANÁLISE DAS IMPLANTAÇÕES

A análise das implantações tem por objetivo direcionar todo o conhecimento abordado nos passos anteriores para as implantações de ambos os sistemas no trecho, comparando seus prós e contras, afirmando qual sistema seria mais adequado para o trecho na visão do autor e possibilitando futuras discussões sobre o tema.

Uma vez percorrida sobre a metodologia do trabalho, na seção a seguir serão detalhados os aspectos da avaliação do trecho em estudo para implantação do sistema BRT ou VLT.

4 AVALIAÇÃO DO TRECHO – OBRAS, MEDIDAS E OBSTÁCULOS.

Neste tópico foram apresentadas obras que estão ocorrendo no trecho estudado no trabalho e que impactam diretamente nas análises de implantações.

4.1 MEDIDAS E OBSTÁCULOS

A configuração atual das vias no trecho estudado é caracterizada pela existência, variada de acordo com o local, de uma a duas faixas exclusivas para ônibus nos cantos direitos, em cada sentido e sem barreira física, além de um canteiro central que separa as vias de cada sentido, conforme demonstrado na figura 47 a seguir.

Figura 47: Configuração atual das vias do trecho.



Fonte: Gazeta de Alagoas, 2023.

Para se ter uma noção da largura que o canteiro central do trecho estudado apresenta foram marcados 5 pontos no Google Earth, onde, utilizando o mesmo programa, foram medidas as larguras do canteiro. A figura 48 ilustra os pontos.

Figura 48: Marcação de pontos no trecho em que a largura do canteiro central foi medida.



Fonte: Imagem extraída do Software Google Earth®, 2024.

Conforme demonstra a figura 49, as medições foram feitas entre as partes externas dos meios-fios que delimitam o canteiro central. Ressalta-se que como o levantamento não foi realizado presencialmente, há um certo nível de imprecisão, porém o mesmo ficará na casa dos centímetros, já que o meio-fio está bem marcado e o programa utilizado é confiável, um desvio que não é de extrema relevância para a avaliação em questão.

Figura 49: Demonstração da medição do canteiro – linha amarela.



Fonte: Imagem extraída do Software Google Earth®, 2024.

Tabela 7: Larguras do canteiro central em diferentes partes do trecho.

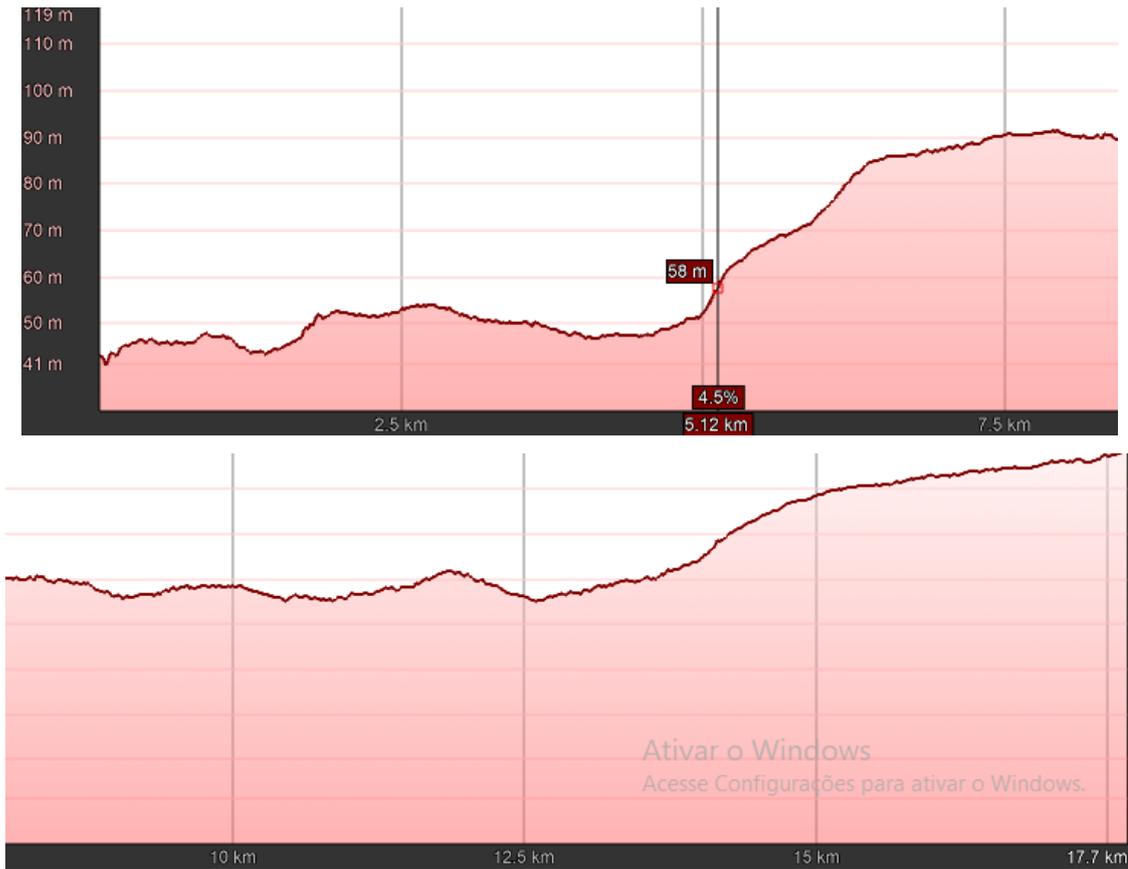
Marcações	Larguras (m)
PONTO 1 (próx. a Praça Centenário)	7,6
PONTO 2	8,2
PONTO 3	9,1
PONTO 4	8,5
PONTO 5 (próx. ao Aeroporto)	7,6

Fonte: Autor, 2024.

A menor largura verificada foi de 7,6 m. A partir destas medidas é possível discutir melhor sobre as possibilidades das implantações de BRT ou VLT.

O trecho não possui desníveis muito grandes (figura 50), tendo o maior desnível observado de 5%, e nem curvas muito acentuadas, porém dois pontos importantes da infraestrutura existente do trecho a serem considerados na implantação de um sistema VLT ou BRT, além dos aspectos citados, seriam as intersecções diversas e o complexo viário (figura 51) próximo a Universidade Federal de Alagoas, que conta com três níveis, incluindo uma rotatória no plano da rodovia, dois mergulhos de trincheira no subsolo e passagem superior via viaduto. Os dois pontos merecem atenção e tem potencial para gerar obras complementares para que a implantação de um novo sistema de transporte possa ser realizada.

Figura 50: Perfil de elevação do trecho Praça Centenário – Aeroporto Zumbi dos Palmares



Fonte: Imagem extraída do Software Google Earth®, 2024.

Figura 51: Complexo viário Maceió-AL.



Fonte: SINDIPESA, 2021.

4.2 OBRAS ATUALMENTE NO TRECHO

Uma das obras que está em andamento, no trecho abordado, é a construção de uma ciclovia no canteiro central da Av. Durval de Góes Monteiro (figura 52).

De acordo com a Prefeitura de Maceió (2024) essa ciclovia já estava com 84% da concretagem concluída em 13/02/2024, o que indica que é uma obra próxima de ser finalizada e entregue para a população. A ciclovia em questão continua a malha que havia sido entregue em 2023 na Av. Fernandes Lima. A obra está preservando as raízes das árvores existentes no canteiro central e recuperando a drenagem existente abaixo da ciclovia.

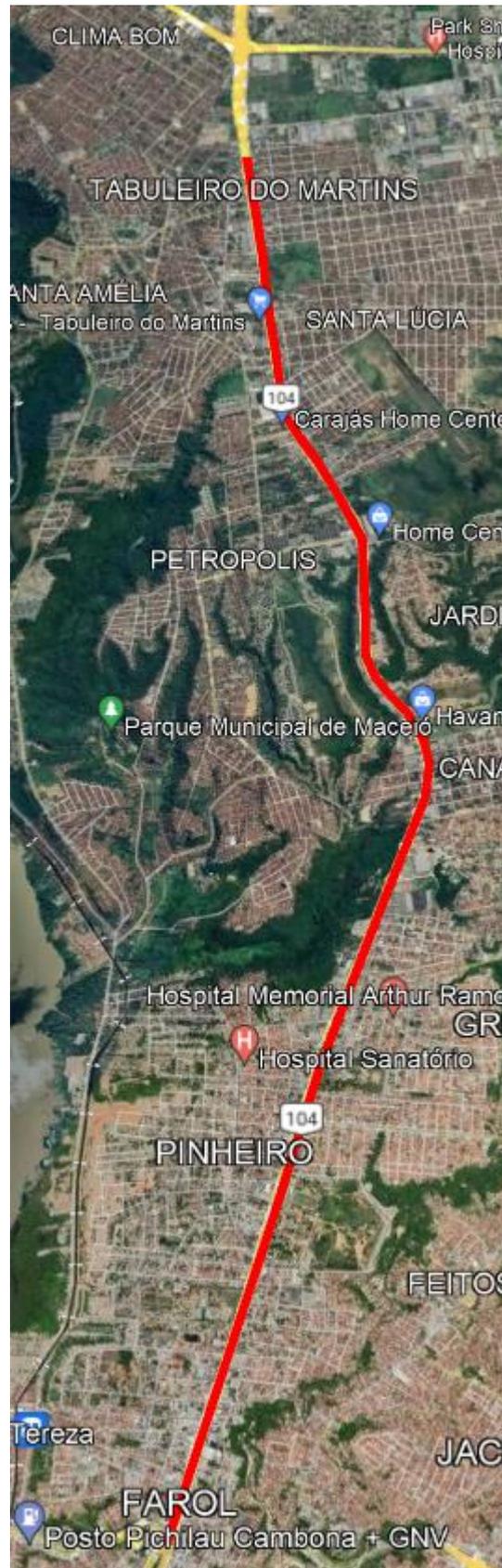
Figura 52: Ciclovia no canteiro central



Fonte: SEMINFRA Maceió, 2023.

Ao ser entregue a nova ciclovia, a malha cicloviária que fica no canteiro central do trecho iniciará na Praça Centenário e finalizará próximo ao viaduto do complexo viário citado anteriormente, compreendendo um trecho de 10 km (figura 53). Além disso há continuação desta malha cicloviária após o viaduto, na Av. Lourival Melo Mota, porém esta parte é caracterizada por não ser no canteiro central e sim utilizando parte da via no sentido UFAL-Centro, com separação física entre ela e as faixas para veículos motorizados, utilizando prismas de concreto.

Figura 53: Extensão da ciclovia no canteiro central.



Fonte: Imagem extraída do Software Google Earth®, 2024.

Outra obra que vem ocorrendo também é a ampliação da Av. Durval de Góes Monteiro (figura 54). Segundo a Prefeitura de Maceió (2023), nos dois sentidos da avenida estão sendo implantadas mais duas faixas de rolamento, sistema de drenagem, de eletricidade e iluminação pública. Ao todo, nessa primeira etapa da obra, serão 2,2 km de ampliação, entre a Faculdade Facima e a loja Tupan.

Figura 54: Duplicação da avenida Durval de Góes Monteiro.



Fonte: SEMINFRA Maceió, 2023.

5 ENTREVISTA COM DIRETOR DO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRANSPORTES E TRÂNSITO DE MACEIÓ

Com o intuito de obter informações e visões de quem está a frente da gestão da mobilidade e transporte público da cidade, foi realizada uma entrevista com o Diretor do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito de Maceió (DMTT), José Glauco de Oliveira Andrade. José Glauco é agente de trânsito de carreira na DMTT há 11 anos, está como diretor do Sistema Municipal de Transportes Urbanos a 1 ano e 3 meses. Seguem abaixo as perguntas realizadas e as respostas do diretor.

1) Qual a visão atual da gestão em relação a mobilidade atual e futura da cidade?

Maceió passou pelo fenômeno de afundamento de alguns bairros, devido a questões da mineradora Braskem, o que ocasionou a perda de uma via arterial na cidade, causando uma crise de mobilidade nas outras vias. A cidade, anteriormente, contava com 3 vias arteriais, sendo elas a Av. Menino Marcelo, a Av. Durval de Goes Monteiro – Av. Fernandes Lima, e a via do Bebedouro, que foi perdida devido ao afundamento do solo na região, fazendo com que a população que transitava na via do Bebedouro passasse a transitar pela Av. Fernandes Lima e Av. Menino Marcelo. Além disto, a população teve que buscar residir em outros bairros. Tudo isso causou uma crise de mobilidade na cidade, e a gente tem trabalhado junto com o Ministério Público e com outros órgãos para mitigar estes problemas.

Levando para o sistema de transporte, temos realizado alguns estudos e aplicações, como a criação de novas linhas para atender a demanda atual de outros bairros, e a criação da faixa exclusiva do sistema de transporte, que também queremos buscar ampliar. Isso tudo visa mitigar o que vem acontecendo na cidade.

2) É possível observar diversas iniciativas que propiciam mais conforto a população e representam grande avanço na qualidade do transporte público e mobilidade da cidade, como os novos ônibus “geladão”, passe livre para estudantes, linha 601 pela rota do mar, passe livre aos domingos, semáforos inteligentes, ampliação da malha cicloviária, viagens semi-expressas, dentre outras. Além disso, quais são os próximos passos na evolução do sistema de mobilidade da cidade?

Também teve o subsídio tarifário, que propiciou a passagem mais barata do Brasil entre as capitais. Além disto, temos outros projetos, como: o projeto de um sistema tronco-alimentado, denominado no Brasil como BRT e que surgiu em Curitiba; outras faixas exclusivas na cidade; e o estudo tarifário que fazemos mensalmente para ver quais são os impactos e atrair mais usuários.

Um assunto que virou tema nacional é a tarifa zero para estudantes e aos domingos, que já temos implementado a um certo tempo aqui e até alguns municípios copiaram.

Então, junto com todas essas ações que você falou estamos realizando novos estudos para melhorar a mobilidade da cidade, mas acredito que o próximo passo mais importante para o sistema viário é a implantação do BRT.

3) É perceptível que a gestão busca priorizar os meios de transporte ativos ou públicos coletivos sobre os individuais motorizados. Como tornar atrativo para o cidadão maceioense optar por se locomover por estes meios e não por veículo próprio? Com a atual estrutura da cidade, na sua visão, é possível alcançarmos este patamar?

Sim, é possível. Não se consegue resolver com novas vias um problema de mobilidade da cidade, então hoje já temos outro pensamento, que é buscar melhorar a estrutura de transporte, melhorando a mobilidade ativa, as áreas caminháveis da cidade, as calçadas, e a malha cicloviária da cidade, que conseguimos ampliar para o dobro. Além de dobrar, outro passo importante é interligar estas ciclovias, pois não adianta ter uma ciclovia 'aqui' (Av. Durval de Góes Monteiro) e outra ciclovia 'lá' na via Expressa (Av. Menino Marcelo) sem estarem interligadas. Para resolver isto fizemos algumas malhas de interligação para as ciclovias, e agora é possível sair da Fernandes Lima e ir até a Via Expressa cruzando pelo Ouro Preto, por exemplo.

Portanto temos buscado melhorar tanto o sistema de transporte, como a mobilidade ativa da cidade, sendo assim todo projeto hoje está prevendo vias de transporte público exclusivas, e áreas caminháveis, bem como ciclovias e ciclofaixas.

4) Segundo fontes da prefeitura de Maceió há um projeto de implantação de sistema BRT na cidade, em que fase o mesmo se encontra?

Está em fase de finalização do projeto executivo. O BRT de Maceió irá modificar todo o sistema de transporte da cidade, atingindo o principal corredor de transporte de Maceió, que é compreendido pela Av. Fernandes Lima e a Av. Durval de Góes Monteiro. Como a cidade é pequena, esta modificação gera grande impacto, trazendo um ganho enorme para quem usa o sistema de transporte, tanto no tempo de viagem, como no conforto e qualidade.

E a ideia é essa, pensar no usuário como um cliente, não mais como um usuário. Hoje ele tem acesso a diversos modais de transporte, como não tinha antigamente, pois o sistema de transporte sofreu várias mudanças, desde a aquisição de motocicletas, a popularização do Uber, a pandemia. Então, eles sofreram todo esse processo e nós estamos buscando modificar e melhorar a mobilidade para atrair mais pessoas para o transporte público e outros meios de locomoção mais sustentáveis que o veículo individual.

Então é isso, o projeto de BRT se encontra em fase de finalização do projeto executivo, os estudos já aconteceram e já foram finalizados, e a empresa de consultoria contratada entregará em breve o projeto executivo para darmos início a implantação.

5) Quais trechos ele comportaria?

O BRT hoje tem uma facilidade de modulação, então é possível modulá-lo com muito mais facilidade que um VLT, e muito mais facilidade que um metrô, fazendo a ampliação da malha de faixa exclusiva. Então vamos ter um sistema de BRT troncal, e suas ampliações, desta forma atingindo toda a cidade. O sistema troncal iniciará na Av. Lourival Melo Mota (partindo da região próxima a Universidade Federal de Alagoas), passando pela Av. Durval de Góes Monteiro e Av. Fernandes Lima, chegando à praça Centenário. A partir deste ponto teremos linhas de BRT para a área do Trapiche e região de praias (Ponta Verde, Pajuçara, Jatiúca, Cruz das Almas). A ideia é o BRT estar em toda a cidade, progredindo com expansões futuras, ou seja, o BRT nasce com um sistema troncal, mas vai se expandindo de acordo com a necessidade, tanto é que dispõe de portas na esquerda e na direita, então eles tanto

podem fazer paradas nas estações, como podem fazer paradas em outros pontos de ônibus simples.

Além da fácil modulação deste sistema, em seu eixo troncal ele também apresenta capacidade para atingir altas demandas, pois há a possibilidade de utilizar veículos maiores de acordo com a necessidade, como os veículos articulados e bi-articulados. Dependendo da demanda, a gente parte desde um veículo pequeno, até um bi-articulado, utilizando inclusive veículos menores que os ônibus simples do sistema atual, os chamados veículos alimentadores, que conduzem os usuários de outras regiões para o sistema troncal.

6) Já há definições técnicas sobre como será o funcionamento do sistema?

Em relação a:

- separação da via de tráfego misto;**
- pontos de cruzamento;**
- estações;**
- via única com ultrapassagem ou dupla;**
- integração entre as estações e as ciclovias em construção no canteiro central.**

Serão vias únicas em ambos os sentidos, com faixa de ultrapassagem nas estações, que é onde o ônibus fica parado.

Em relação aos cruzamentos, haverá a prioridade semafórica. Utilizando a semaforização inteligente, consegue-se priorizar o transporte público, então ele vai chegar no cruzamento e vai ter prioridade, saindo antes dos veículos que irão realizar o cruzamento. Essa ideia é uma solução mais viável do que investir em projetos de viadutos, que se tornariam muito caros, além de acabar tirando a beleza da cidade.

Sobre a malha cicloviária e as estações, já está dentro do projeto do BRT a integração entre as duas, com a malha passando por trás da estação. Logo, as estações não serão juntas para ambos os sentidos, elas serão separadas pela ciclovia. Então os ciclistas poderão ir de bicicleta para estação, e vão ter pontos onde eles poderão deixar suas bicicletas

Falando sobre a via, há a necessidade de se ter um piso mais rígido, de concreto, pois o BRT possui veículos com o peso superior ao dos veículos que a gente utiliza hoje, então provavelmente vamos ter dentro do projeto executivo o piso rígido.

Sobre a separação da via, em alguns pontos da faixa exclusiva vão haver separações, com bate-rodas, guarda-corpos. Tudo de acordo com o projeto, variando dependendo do local do trecho e sua necessidade.

7) O sistema tarifário seria integrado com as outras linhas de ônibus?

Totalmente integrado. Hoje temos um sistema de bilhetagem que é possível integrar com qualquer sistema, de qualquer outro modal de transporte, então a integração vai ser geral. Portanto 'você' pegará um ônibus no seu bairro, provavelmente um alimentador, pagará sua passagem ainda no bairro, e vai descer na estação para pegar o ônibus da faixa BRT sendo cobrado apenas uma passagem neste traslado. Desta forma a pessoa usará todo o sistema de forma integrada, inclusive, podendo ser integrado com o sistema intermunicipal de transporte.

8) Como se deu a opção de investir em um projeto de sistema BRT e não VLT? Houve algum estudo específico?

Foi feito um estudo e verificou-se que é mais viável um sistema BRT para suprir a demanda do sistema de transporte atual, pois não há demanda para implantação de metrô, nem para de VLT. Verificou-se que o VLT seria 20x mais caro que um BRT, e o metrô seria 60x mais caro. Então, por ter uma fácil modulação de sistema e integração com o sistema da cidade como um todo, menor custo, e menor tempo de implantação, se chegou a conclusão que o projeto de BRT seria o mais adequado.

9) A gestão vem executando alguma análise de demanda de forma contínua?

Como nós temos um sistema de bilhetagem eletrônico, essa análise é feita de forma contínua. Sabemos a demanda diária, semanal, mensal e os horários de pico. Também recebemos dados atualizados da quantidade de usuários do transporte público por tipo de cartão (estudante, idoso, especial, cidadão) e que usou vale-transporte. Além disso, o cálculo de demanda é um cálculo rotineiro para gente, e importante para fazermos todo o planejamento, pois a demanda e a oferta andam juntas, a medida em que a oferta depende da demanda.

Falas finais do Diretor após agradecimento do aluno pelo tempo disponibilizado e a realização da entrevista:

O que a gente tenta implementar hoje é o que a população precisa: um sistema de transporte eficiente, com qualidade, e seguro. As faixas exclusivas são importantes, pois a medida em que no carro particular o cidadão escolhe o horário que quer sair, a rota que quer seguir e a velocidade que colocará no carro, no ônibus são rotas pré-estabelecidas, horários pré-estabelecidos e velocidade de operação controlada, ou seja, se não temos uma faixa exclusiva hoje, o sistema viário não está sendo igualitário. Por isso, temos buscado criar novas faixas exclusivas na cidade, e conscientizar a população quanto a importância das mesmas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico foram realizadas observações diversas sobre as implantações de ambos os sistemas, seus problemas e suas qualidades, além de uma visão do autor embasada em toda a revisão bibliográfica e na entrevista realizada com o Diretor do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito da cidade.

Inicialmente é importante ressaltar que um estudo de demanda do sistema de transporte público no trecho seria de suma importância para o presente trabalho, porém, como foi falado pelo diretor entrevistado, esta análise foi realizada e chegou-se à conclusão de que a demanda seria suprida de forma eficiente por um sistema BRT.

Foi possível observar na revisão bibliográfica que, por mais que uma única composição de sistema VLT transporte de 2 a 3 vezes mais passageiros/hora do que um veículo BRT, ambos os sistemas têm potencial para atingir os mesmos níveis de **oferta**, variando de acordo com as modificações, condições e frequência de tráfego de cada projeto. Ou seja, um sistema de BRT, como o TransMilenio, é capaz de atingir altíssimos níveis de oferta/hora, níveis estes que antes imaginava-se só serem atingidos por transportes sobre trilhos. Mas vale ressaltar que o TransMilenio conseguiu estes resultados por contar com 2 faixas em sua via segregada e uma frequência altíssima de veículos, o que não ocorre em sistemas e projetos com a utilização de apenas uma faixa. Também foi visto que o VLT sofre com as limitações do tempo de frenagem e aceleração de seus veículos, o que limita sua capacidade de oferta. Portanto, considerando que o BRT de Maceió só teria uma faixa disponível no trecho estudado, e mesmo assim supre a demanda, infere-se que ela seria suprida por ambos os sistemas, e este ponto não necessariamente deva ser levado em consideração para uma escolha entre os dois.

Em relação ao **tempo para implementação**, o sistema BRT se sobressai tanto na fase de concepção de projeto, quanto na fase de execução da infraestrutura em diversas situações pelo mundo, fator que o torna mais atrativo para a gestão pública.

Os **custos** são outro fator importante para a tomada de decisão. Sabe-se que, de fato os custos com a implantação de sistemas VLT são extremamente maiores que os custos com a implantação de sistemas BRT, com aquele tendo custos que variam entre 5 a 30 vezes o custo deste, o que é mais uma vantagem apresentada pelo

sistema BRT. Porém em relação ao gasto total com os sistemas alguns autores retratam que, a longo prazo, devido a utilização de energia elétrica para seu funcionamento, e aos menores custos com manutenção e troca de veículos, o sistema VLT acaba se tornando mais econômico que o BRT aproximadamente a partir dos seus 22,5 anos de vida útil. Como é uma previsão variável e muito distante, o foco dos gestores públicos, políticos e conseqüentemente de órgãos públicos em geral, tende a ser investir na solução que apresenta menor custo imediato, porém mantendo a resolutividade dos problemas.

Por fim tratando da **adequação a infraestrutura existente** no trecho por ambos os sistemas, a inserção deles seria, na maior parte, em zonas que possuem uma a duas faixas exclusivas para ônibus, 2 faixas para tráfego misto e um canteiro central que possui atualmente uma grande extensão de malha cicloviária, vegetação e tubulações subterrâneas. Com isso, a **implantação de um sistema VLT** seria viável inclusive sem grandes modificações na estrutura viária atual, utilizando apenas o espaço do canteiro central e realizando algumas adequações e obras complementares, já que a largura requisitada pelo sistema para os dois sentidos é 7 metros e a largura do canteiro central varia entre medidas mais altas do que essa. As adequações e obras complementares seriam: demolição da ciclovia em grande parte do trecho, demolição da vegetação presente em todo o percurso, construção de mais passarelas ao longo do trecho e espaços para travessia em nível.

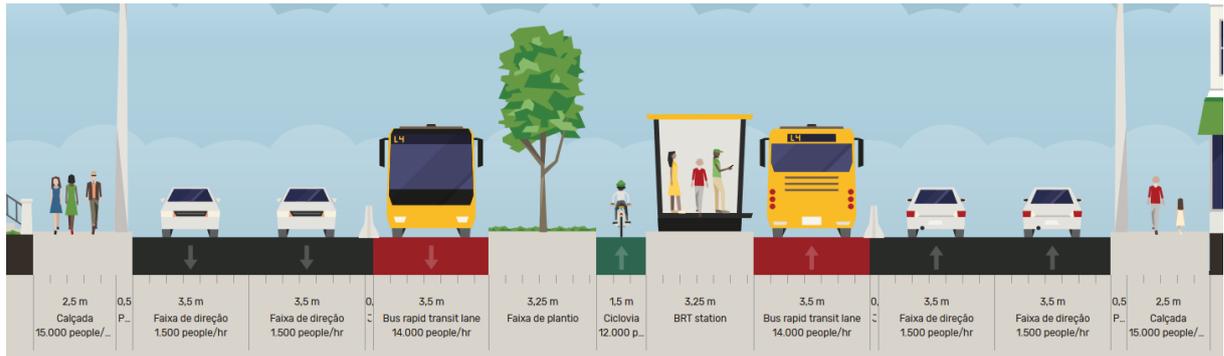
As adequações necessárias para essa implantação gerariam custos com demolição e transporte de material, em adição aos custos normais da implantação visto que grande parte do canteiro vem passando por obras que ampliam sua malha cicloviária. Além disto, haveria grande perda no aspecto paisagístico do trecho devido a destruição da vegetação presente no canteiro. Em relação ao complexo viário, devido a restrição de inclinação do sistema, os trilhos seriam obrigados a realizar um desvio a fim de evitar o viaduto, impactando os desvios existentes e causando mudanças na estrutura viária do local. Em contrapartida, o sistema estaria **agregando capacidade de transporte**, não necessariamente substituindo parte da capacidade atual, o que seria ótimo, visto que todas as faixas existentes hoje poderiam manter-se da mesma forma. Também não seria necessário realizar grandes regularizações de terreno para garantir a inclinação ideal do sistema, já que a maior inclinação apresentada no trecho foi de 5% e pontual, quando o sistema aceita inclinações de até 7% sem prejuízo aos sistemas de aceleração e frenagem.

Já a **implantação de um sistema BRT** exigiria menos adaptações do canteiro central, necessitando apenas dos espaços para as estações, que, como citado na entrevista, iriam coexistir com a malha cicloviária. Logo sua adaptação a infraestrutura atual seria caracterizada principalmente pela troca da faixa exclusiva da direita para a esquerda, instalação de separadores físicos da faixa e substituição de toda ou de parte da pavimentação asfáltica da via por uma em concreto. Não haveria danos ao aspecto paisagístico do trecho e nem necessidade de adaptações na parte do complexo viário além dos separadores no viaduto, que dariam continuidade a faixa exclusiva. Em contrapartida, o ganho de capacidade de transporte de passageiros oferecido por este sistema pode ser caracterizado como a **substituição da oferta** do sistema atual, devido a transferência de lugar da faixa exclusiva, junto ao aumento da capacidade que é oferecida pelo BRT com uso de veículos maiores, faixa exclusiva com separação física e velocidade de operação. Ou seja, enquanto o VLT propicia a possibilidade de manter ou só regular o fluxo atual do transporte público na via, acrescentando capacidade de transporte com a utilização do canteiro central e a permanência das 3 faixas das vias, o sistema BRT gera mais oferta devido a diferença de capacidade explicada anteriormente.

Conclui-se então, embasado na revisão bibliográfica apresentada e na entrevista realizada, que a implantação de um sistema BRT seria a **mais adequada** para o trecho, devido ao menor tempo para implantação, eficiência no suprimento da demanda atual, menor custo de implantação e menor necessidade de adequações da infraestrutura existente no trecho. Ressalta-se que com o passar dos anos, crescimento populacional e conseqüente aumento da demanda, caso seja necessário, pode-se, no futuro, optar por implantar as linhas de VLT no canteiro central para aumentar a capacidade do sistema de BRT em funcionamento.

A figura 55 é uma ilustração de sistema BRT que se assemelha bastante ao eixo abordado neste trabalho em zonas de 1 faixa exclusiva, com a maior diferença estando na largura do canteiro central, que na ilustração é de 3 metros e no trecho do trabalho pode ser considerado em torno de 7,6 metros.

Figura 55: Ilustração de configuração transversal do trecho com o sistema BRT.



Fonte: Imagem extraída da plataforma Streetmix®, 2024.

7 CONCLUSÕES

Este estudo mostrou as características e diferenças dos sistemas de transporte de passageiros de média capacidade, o BRT e o VLT, bem como uma análise preliminar dos impactos gerados pela implantação de ambos no trecho delimitado pela Praça Centenário e o Aeroporto Zumbi dos Palmares, na cidade de Maceió. Pode-se observar que ambos os sistemas atendiam a demanda do trecho, porém que o sistema BRT, por ter menor custo de implantação, menor impacto na infraestrutura existente e menor tempo de implementação, seria o mais viável.

Com isso, foi atendido o objetivo geral do trabalho definido inicialmente, que era analisar as duas soluções propostas para a melhoria da mobilidade no eixo delimitado pela praça Centenário e o Aeroporto Zumbi dos Palmares, em Maceió. Bem como foram atendidos os objetivos específicos, levantando especificações, necessidades e qualidades sobre os sistemas e realizando a análise comparativa da implantação deles, que considerou os custos, tempo para implantação, oferta e demanda.

Também foi realizada entrevista com o Diretor do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito de Maceió (DMTT), que demonstrou grande domínio sobre os diversos assuntos que envolvem a mobilidade urbana e transmitiu uma visão otimista para as futuras melhorias na mobilidade da cidade, que terá como uma das principais ações a implantação de um sistema BRT justo no trecho delimitado por este trabalho.

Pôde-se observar que a infraestrutura já existente no trecho do trabalho teve grande influência no processo de tomada de decisão sobre qual modal escolher implantar, tendo o VLT ficado em desvantagem por causar mudanças mais drásticas a infraestrutura local, alcançando uma capacidade que o sistema de BRT também pode alcançar e sem causar tantas mudanças. A exemplo disto têm-se a malha cicloviária no canteiro central que pode coexistir com estações de BRT, mas seriam destruídas para a implantação de vias permanentes de VLT. Também foi levado em consideração a vegetação presente no canteiro central, que, com o sistema VLT, teria que ser retirada com a mesma justificativa do canteiro central. Além disto, há uma controvérsia sobre este ponto a medida em que uma das vantagens do sistema VLT sobre o BRT é a utilização de energia elétrica, que é limpa e faz com que o VLT emita bem menos poluentes para a atmosfera e seus equipamentos causem menos ruídos, porém para optar pelo meio que utiliza energia limpa seria necessário retirar a

vegetação do local, que, atualmente, e ainda durante o funcionamento de um BRT por exemplo, é o que proporciona para o trecho mais estabilidade climática, conforto ambiental, melhoria da qualidade do ar, além de influenciar na redução da poluição sonora e visual.

Outro ponto importante além dos custos e tempo para implantação é a análise da demanda do trecho, que poderia ser realizada utilizando dados sobre a quantidade de passageiros/hora do transporte público coletivo no trecho, nos horários de pico dos dias úteis. Este seria inclusive um ponto crucial considerando um cenário onde a projeção da demanda, feita a partir deste estudo, apontasse uma necessidade tão alta que a única solução possível seria manter linhas de ônibus ou BRT nas vias, e, além delas, implantar a linha férrea de VLT no canteiro central, buscando atingir um nível máximo de oferta. Porém esta não é a situação apresentada na cidade, como confirmado pelo Diretor da DMTT. De todo modo, a falta deste estudo pode ser considerada uma limitação encontrada neste trabalho, e fica como sugestão do autor a realização da análise da demanda no trecho para trabalhos posteriores.

Conclui-se então com o presente trabalho que, por mais que sejam modais diferentes, um ferroviário e o outro rodoviário, ambos entregam resultados bem semelhantes, cada um com suas especificidades, e a escolha pela implantação de um ou outro deve ser analisada com cautela e afinco, bem como ser embasada em dados. Caso contrário, corre-se o risco de haver desperdícios desnecessários de tempo e dinheiro por parte da gestão pública, como por exemplo, quando há a escolha inicial de um dos modais e posterior mudança de decisão ainda durante a fase de elaboração dos projetos, seja pela troca de governantes ou reanálise da decisão inicial pela própria equipe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Publicado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2020.

ALOUICHE, P. L. **A disputa “BRT x VLT” uma falsa polêmica.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/12SMTF060901T07.pdf>. Acesso em: 05 set. 2023.

ANPTrilhos. **Veículo Leve sobre Trilhos – Mobilidade Sustentável.** 2017. Disponível em: <https://issuu.com/anptrilhos/docs/vlt-mobilidade-sustentavel-2017>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRANCO, S. P. V. M.. **Estudo e Aplicação de Sistemas BRT – Bus Rapid Transit.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 2013.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.** Câmara dos Deputados, Centro de Documentação e Informação. Brasília, 2012.

CARVALHO, C. H. R.. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Brasília, 2016a.

CARVALHO, C. H. R.. **Mobilidade Urbana Sustentável: conceitos, tendências e reflexões.** Texto para Discussão publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, maio de 2016b.

CONTRAN. **Sinalização Vertical De Regulamentação – Volume 1.** Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Brasil, 2022.

CONTRAN. **Sinalização Vertical De Regulamentação – Volume 2.** Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Brasil, 2022.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E.. **Transporte público urbano**. 2. Ed. São Paulo: Rima, 2004.

FILHO, V. E. F.. **Diagnóstico de trânsito em espaço intra-urbano: estudo de caso do Eixo Viário Fernandes Lima**. Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2018.

IPEA. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: O uso do transporte coletivo e individual**. República Federativa Brasileira, Ministério da Economia. Rio de Janeiro, julho 2021

ITDP. **Sistemas de BRT quase quadruplicam nos últimos dez anos e viram tendência mundial**. Rio de Janeiro, 15 de fevereiro, 2015. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/sistemas-de-brt-quase-quadruplicam-nos-ultimos-dez-anos-e-vm-tendencia-mundial/#:~:text=%E2%80%9CT%C3%A3o%20r%C3%A1pido%20quanto%20tem%20crescido,BRT%E2%80%9D%2C%20explica%20Jacob%20Manson>. Acesso em: 14 set. 2023.

ITDP Brasil. **Elementos básicos do BRT**. Publicado no site ITDPBrasil, março de 2015. Disponível em: <https://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2015/03/ITDP-Brasil-Informativo-Elementos-B%C3%A1sicos-do-BRT-em-PT-vers%C3%A3o-WEB.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ITDP Brasil. **Padrão de Qualidade BRT**. Publicado no site ITDPBrasil, 11 de novembro, 2014; ed. 2016. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/padrao-de-qualidade-brt/>. Acesso em: 21 mar. 2024.

LERNER, J. **Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano**. NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Julho, 2009.

LINDAU, L. A.; ALBUQUERQUE, C.; CORRÊA, F.. **Sobreviver, renovar, prosperar: um caminho para o transporte coletivo de qualidade no Brasil**. Artigo no site WRI Brasil em 20 set. 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/sobreviver-renovar-prosperar-um-caminho-para-o-transporte-coletivo-de-qualidade-no-brasil#:~:text=O%20futuro%20do%20transporte%20coletivo,de%20novas%20fontes%20de%20recursos>. Acesso em: 05 set. 2023.

MOBILIZE B.. **VLT pelo mundo**. Publicado no site Mobilize Brasil, 14 fev. 2013. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/galeria-fotos/154/vlt-pelo-mundo.html>. Acesso em: 08 set. 2023.

MOBILIZE BRASIL. **TransMilenio, 17 anos depois**. Texto publicado no site Mobilize Brasil, 17 de janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/10743/o-transmillenio-17-anos-depois.html>. Acesso em: 23 jan. 2024.

MOBILIZE BRASIL. **VLT do Rio – ANEXO 7 – Projeto Funcional**. Publicado no site MOBILIZE Brasil, s. d. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/projeto-funcional-do-vlt-porto-maravilha.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2024.

NTU. **Faixas exclusivas de ônibus urbanos – Experiências de sucesso**. Publicado no site NTU, 18 de agosto, 2013. Disponível em: <https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635399779599334232.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.

NTU. **Os Grandes Números da Mobilidade Urbana – Cenário Nacional**. Publicado no site NTU, janeiro de 2023. Disponível em: https://www.ntu.org.br/novo/ckfinder/userfiles/files/NTU-Grandes%20n%C3%BAmeros%20do%20setor%20v10_6.pdf. Acesso em: 05 mar. 2024.

OLIVEIRA, G. T. **BRT in Brazil: State of the practice as from the BRT Standard**. Apresentação, Los Angeles, 20 de Junho, 2018. Disponível em:

<https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/Conferences/2018/BRT/GOliveira.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2024.

PEREIRA, B. M. **Avaliação do desempenho de configurações físicas e operacionais de sistemas BRT**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre, 2011.

RIBEIRO, B. A.; PARISI, S. A.. **Comparação das alternativas de BRT e VLT para a mobilidade da rodovia BR-101 (4º Perimetral do Recife)**. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Civil. Recife, 2014.

SANTOS, P. R. G.; NEVES, Z. L. P.. **Considerações sobre a implantação de um VLT na cidade de Recife – Av. Domingos Ferreira**. Universidade Federal de Pernambuco, Trabalho de conclusão de curso. Recife, 2014.

SEMINFRA. **Ampliação da Durval de Góes Monteiro, no sentido Aeroporto, chega na reta final**. Notícia publicada no site da Prefeitura de Maceió, 15 de fevereiro, 2024. Disponível em: <https://maceio.al.gov.br/noticias/seminfra/ampliacao-da-durval-de-goes-monteiro-no-sentido-aeroporto-chega-na-reta-final#:~:text=na%20reta%20final-.Amplia%C3%A7%C3%A3o%20da%20Durval%20de%20G%C3%B3es%20Monteiro%2C%20no,Aeroporto%2C%20chega%20na%20reta%20final&text=Com%2096%25%20dos%20servi%C3%A7os%20de,final%20no%20sentido%20Centro%2DAeroporto>. Acesso em: 10 mar. 2024.

SEMINFRA. **Ciclovía da Durval de Góes Monteiro avança com 84% da concretagem concluída**. Notícia publicada no site da Prefeitura de Maceió, 13 de fevereiro, 2024. Disponível em: <https://maceio.al.gov.br/noticias/seminfra/ciclovía-da-durval-de-goes-monteiro-avanca-com-84-da-concretagem-concluída>. Acesso em: 10 mar. 2024

SeMOB. **Política Nacional de Mobilidade Urbana** [s.d.]. Disponível em: <http://www.emdec.com.br/eficiente/repositorio/6489.pdf>. Acesso em: 12 set. 2023.

SEMOB. **Elaboração de projetos, estudos, levantamentos ou investigações para implantação de veículo leve sobre trilhos – VLT na via W3 – Caderno 3**. Estudo publicado pela Secretaria de Transporte de Mobilidade. Brasília, jan. 2020.

SILVA, F. C. **Mobilidade urbana em Maceió/AL: a bicicleta como meio de reforçar a escala humana da cidade**. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação. Florianópolis, 2011.

SILVA, R. A. **O Impacto da ausência de planejamento das ações de mobilidade urbana na experiência de viagem do usuário da cidade de Maceió**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia – CTEC. Maceió, 2022.

SIMÕES, D. S.; JUNIOR, A. C. T.. **Vantagens e desvantagens do BRT versus linhas convencionais de ônibus**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 07, Vol. 04, pp. 64-80. Julho de 2019.

SINDIPESA. **Governo Federal entrega complexo viário em Maceió**. Notícia no site SINDIPESA, 14 de Maio, 2021. Disponível em: <https://sindipesa.org.br/governo-federal-entrega-complexo-viario-em-maceio/>. Acesso em: 01 mar. 2024.

TAVARES, V. B. **Estações BRT: análise das características e componentes para sua qualificação**. Trabalho de Diplomação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil. Porto Alegre, 2015.

SUMMIT. **Como surgiu o BRT?** Publicado no site Summit Mobilidade, 28 de setembro de 2021. Disponível em: [https://summitmobilidade.estadao.com.br/compartilhando-o-caminho/como-surgiu-o-brt/#:~:text=Quando%20o%20arquiteto%20Jaime%20Lerner,Urbano%20de%20Curitiba%20\(IPPUC\)](https://summitmobilidade.estadao.com.br/compartilhando-o-caminho/como-surgiu-o-brt/#:~:text=Quando%20o%20arquiteto%20Jaime%20Lerner,Urbano%20de%20Curitiba%20(IPPUC).). Acesso em: 05 mar. 2024.

TPF ENGENHARIA. **Projeto Executivo de Implantação das Vias Laterais da Av. Durval de Góes Monteiro, Maceió/AL.** Memória justificativa, volume 1, parte ¾. Outubro de 2022.

VASCONCELLOS, E. A.. **Mobilidade cotidiana, segregação urbana e exclusão.** Capítulo de livro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2016.

WRI BRASIL. **Veículo leve sobre trilhos – Caderno técnico para projetos de mobilidade urbana.** República Federativa Brasileira; Ministério das Cidades; ANPTrilhos; SeMob. Brasil, dez. 2016.

WRIGHT; HOOK. **Manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de planejamento.** República Federativa do Brasil; Ministério das Cidades. Brasil, 2008.

APÊNDICE A – Tabela resumo da análise comparativa

Análise comparativa das implantações dos sistemas BRT x VLT no trecho compreendido pelas Av. Fernandes Lima, Durval de Góes Monteiro e Lourival Melo Mota.			
Quesitos	Considerações	Sistema mais adequado	Observações
Entrevista com atual Diretor do Departamento Municipal de Transportes e Trânsito	<p>~Já há um projeto de sistema BRT a ser implantado na maior parte do trecho do trabalho, em fase de finalização do projeto executivo;</p> <p>~Foi informado que houve análise da demanda no trecho para tomada de decisões;</p> <p>~O sistema BRT apresenta melhor integração a infraestrutura e ao sistema de transporte atual.</p>	BRT	<p>~O sistema contaria com vias únicas em ambos os sentidos, com faixa de ultrapassagem nas estações;</p> <p>~Também contaria com separadores físicos e sistema de semáforos inteligentes, dando prioridade ao BRT.</p>
Oferta e demanda	<p>~A capacidade por veículo do sistema VLT é de 2x a 3x maior que a do sistema BRT;</p> <p>~Segundo Alouche (2007), o VLT pode transportar até 30.000 pass./hora/sentido, enquanto o BRT aproximadamente 23.000 pass./hora/sentido;</p> <p>~Em contrapartida a afirmação anterior, há sistemas de BRT operando com até 45.000 pass./hora/sentido;</p> <p>~Ambos os sistemas tem potencial de oferta similares, variando de acordo com modificações, condições e frequência de tráfego de cada projeto.</p>	BRT e VLT	<p>~O sistema que opera com 45.000 pass./hora/sentido é o TransMilenio, de Bogotá, e ele conta com uma altíssima frequência de veículos e dupla faixa exclusiva, em ambos os sentidos, para os veículos BRT;</p> <p>~O BRT a ser implantado no trecho do trabalho contaria com apenas uma faixa exclusiva em ambos os sentidos, e ainda sim supriria a demanda.</p>
Tempo para implantação	<p>~Enquanto um sistema BRT precisa de cerca de 12 a 18 meses de planejamento, e 2,5 anos para ser executado, um sistema VLT necessita de 12 a 24 meses de planejamento e aproximadamente 5 anos para ser executado.</p>	BRT	-
Custos	<p>~O custo para implantar um sistema BRT fica em torno de 500 mil a 13 milhões de dólares/km;</p> <p>~O custo para implantar um sistema VLT fica em torno de 17 milhões de dólares/km a 40 milhões de dólares/km.</p>	BRT	<p>~A longo prazo (cerca de 22,5 anos de vida útil), principalmente em sistemas VLT com veículos elétricos, o VLT se torna mais econômico devido a suas composições precisarem de menos manutenções e terem maior tempo de vida útil, além de possuir menores custos com energia para o funcionamento dos veículos;</p> <p>~Em contrapartida a previsão a longo prazo é muito variável e distante para a gestão pública.</p>
Adequação a infraestrutura existente no trecho	<p>~Em relação ao complexo viário, o sistema BRT a ser implantado não sofreria grandes mudanças neste local, havendo apenas a continuidade dos separadores físicos da faixa exclusiva. Já o VLT necessitaria de um desvio do viaduto por não vencer a inclinação do mesmo, causando impacto nos desvios já existentes para o tráfego misto e mudanças na estrutura viária do local;</p> <p>~Em relação a ciclovia no canteiro central, a implantação do sistema BRT não teria impacto na mesma, apenas seriam necessárias adaptações próximo as estações. Já o VLT a ser implantado no canteiro central, necessitaria da demolição da malha cicloviária, da vegetação e das tubulações existentes;</p> <p>~O VLT geraria mais custos com demolição e transporte de material e resultaria na perda do paisagismo propiciado pela vegetação do canteiro central;</p> <p>~O BRT só necessitaria de estações no canteiro central, sem grandes mudanças e sem danos ao paisagismo, além da troca da faixa exclusiva da direita para a esquerda e substituição de toda ou parte da pavimentação asfáltica por uma em concreto.</p>	BRT	<p>~A configuração atual das vias do trecho, por sentido, é caracterizada pela existência de uma faixa exclusiva para ônibus, variando para duas em alguns pontos do trecho, duas faixas para tráfego misto, e canteiro central com ciclovia, vegetação e tubulações;</p> <p>~Estão ocorrendo atualmente obras de ampliação da malha cicloviária ao longo do canteiro central e duplicação da Av. Durval de Góes Monteiro;</p> <p>~Há um complexo viário no trecho, que possui viaduto e rotatória para o trânsito de veículos.</p>

Fonte: Autoria própria, 2024.