

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

TAÍS CARVALHO DE ANDRADE LIMA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MALHA DE VLT NA CIDADE DO
RECIFE**

**Recife
2017**

TAÍS CARVALHO DE ANDRADE LIMA

**DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA MALHA DE VLT NA CIDADE DO
RECIFE**

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

Orientador: Fernando Jordão de Vasconcelos

**Recife
2017**

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

L732d Lima, Taís Carvalho de Andrade.
Diretrizes para implantação de uma malha de VLT na cidade do Recife
. / Taís Carvalho de Andrade. - 2017.
54folhas, Ils.; Tab. E Abr. e Sigl.

Orientador: Prof. Msc. Fernando Jordão de Vasconcelos

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. VLT. 3. Mobilidade urbana. 4. Malha.
5. Recife. I. Vasconcelos, Fernando Jordão de (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2017-68



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Taís Carvalho de Andrade Lima

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Fernando Jordão de Vasconcelos

Examinador 1: Prof. Maurício Renato Pina Moreira

Examinador 2: Prof. Maurício Oliveira de Andrade

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

LOCAL: Sala 106 do prédio do CTG/UFPE.

DATA: 09/02/2017 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 11:40 h.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____(deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **$3,0 \leq \text{nota} < 7,0$** , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 09 de fevereiro de 2017

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Agradecimentos

Aos meus pais, irmãos e familiares, por todo amor, compreensão, ajuda e presença ao longo de todo o curso e nessa etapa final. Obrigada por todas as ideias e por estarem lá quando a minha cabeça já não estava, sem vocês eu não estaria aqui hoje.

Aos amigos, por me ouvirem, apoiarem e por toparem apenas me fazer companhia enquanto trabalhava. Grata pelo companheirismo, aqui tem um pedacinho de cada um de vocês.

Aos companheiros de graduação, aqueles que estiveram comigo no caminho até chegar aqui hoje. Tanto nas madrugadas de estudo, como nas festas. Somos pra vida toda.

Aos amigos da MultTécnica Engenharia, que me acolheram e conviveram comigo nos últimos dois semestres.

Ao professor Maurício Pina, pela cooperação e por disponibilizar dados para realização desse trabalho.

À cidade de Dublin, que foi meu lar por 1 ano e me inspirou para esse projeto.

Ao professor Fernando Jordão, pela orientação, amizade, boas conversas e prestatividade, sem os quais esse trabalho não seria possível.

Resumo

Problemas relacionados à mobilidade urbana estão cada vez mais presentes no cotidiano e refletem diretamente na qualidade de vida da população, tornando necessário o planejamento de soluções que possam amenizar tais problemas. Esse trabalho tem como finalidade apresentar as diretrizes para implantação de uma malha de VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) no Recife e avaliar a compatibilidade desse modal de transporte nos corredores da cidade e seu potencial para atrair passageiros e diminuir a quantidade de veículos particulares. A metodologia empregada para realização deste trabalho consiste na apresentação das características e exigências do sistema e, junto com dados de demanda dos principais corredores, foi definida uma malha com 9 linhas e um total de 147 km, a qual visa abranger grande parte da cidade e integrar com outros modais. Também foi discutido o contexto histórico do VLT e como cidades em todo o mundo têm apostado nesse transporte para seus amenizar seus problemas de trânsito.

Palavras-chave: VLT; Mobilidade Urbana; Malha; Recife.

Abstract

Problems related to urban mobility are each day more present in daily life and reflect directly on the population's quality of life, making it necessary to plan solutions that can decrease this problems. This study aims to present the guidelines for the implementation of a LRV (Light Rail Vehicle) network in Recife and to evaluate the compatibility of this mode of transport in the city's corridors and its potential to attract passengers and decrease the number of private cars. The methodology used to perform this work consists on presenting the characteristics and requirements of the system and, along with demand data from the main corridors, it was defined a network with 9 lines and a total of 147 kilometers, which intends to cover a large part of the city and integrates with other systems. It was also discussed the historical context of the LRV and how cities around the world have been betting on this transport to relieve their traffic problems.

Keywords: LRV; Urban Mobility; Network; Recife.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Sistema de transporte por bondes da cidade do Recife em 1906 . . .	14
Figura 2 – Bonde Elétrico passando pela ponte Boa Vista	15
Figura 3 – Sistema de bondes em Recife após implantação dos bondes elétricos	16
Figura 4 – Bonde elétrico inglês na Ponte Buarque de Macedo, postal de 8 de setembro de 1916	16
Figura 5 – Linhas complementares RMR	18
Figura 6 – Estações Metrô Recife	19
Figura 7 – Rede Metroviária do Recife	20
Figura 8 – Metrô Recife	20
Figura 9 – Mapa SEI RMR	21
Figura 10 – Corredor Norte/Sul BRT	22
Figura 11 – Corredor Leste/Oeste BRT	22
Figura 12 – Evolução veículos da fabricante Siemens (SIEMENS, s.d.)	24
Figura 13 – Exemplo de disponibilização interna do veículo	25
Figura 14 – Interior de um veículo	25
Figura 15 – Configuração dos veículos do modelo Citadis da Alstom de acordo com o comprimento	27
Figura 16 – Características Operacionais de modelo Citadis da Alstom	27
Figura 17 – Tecnologia APS da Alstom	28
Figura 18 – Tramway Berlim	29
Figura 19 – Modelo da Bombardier em Bruxelas	30
Figura 20 – Rede Tram de Amsterdam	30
Figura 21 – Rede Tram de Rotterdam	31
Figura 22 – O bonde da foto é o mais comprido VLT do mundo com 56 m, fabri- cado pela espanhola CAF.	32
Figura 23 – Veículos mais antigos da frota italiana	32
Figura 24 – Luas Cross City - Linha que está em construção em Dublin	33
Figura 25 – Paradas do LUAS	34
Figura 26 – Malha das duas linhas em operação em Dublin	34
Figura 27 – VLT de Houston em trecho com espelho d'água	35
Figura 28 – VLT Dubai que lembra formato de diamante	36
Figura 29 – VLT da capital alagoana	37
Figura 30 – Os novos VLTs cariocas, alimentados sem necessidade de catenária	38
Figura 31 – Linha 01	41
Figura 32 – Linha 02	41
Figura 33 – Linha 03	42

Figura 34 – Linha 04	42
Figura 35 – Linha 05	43
Figura 36 – Linha 06	44
Figura 37 – Linha 07	44
Figura 38 – Linha 08	45
Figura 39 – Linha 09	45
Figura 40 – Malha VLT Recife	46
Figura 41 – Cruzamento entre Linha 04 e Linha 08	47
Figura 42 – Veículos com 2,40 m de comprimento (para vias mais estreitas) . .	47
Figura 43 – Veículos com 2,65 m de comprimento (para vias mais largas)	48
Figura 44 – Dimensões na linha e na estação	48
Figura 45 – Implantação em leito gramado	48
Figura 46 – Modelo de implantação 1	49
Figura 47 – Modelo de implantação 2	49
Figura 48 – Modelo de implantação 3	50
Figura 49 – Modelo de implantação 4	50
Figura 50 – Modelo de implantação 5	51
Figura 51 – Modelo de implantação 6	51

Lista de tabelas

Tabela 1 – Demanda dos corredores principais para o mês de OUT/2016 . . .	39
Tabela 2 – Demanda diária dos 12 corredores	40

Lista de abreviaturas e siglas

ANPTRILHOS	Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos
APS	Alimentação pelo Solo
BRT	Bus Rapid Transit
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
CCR	Companhia de Concessões Rodoviária
CDURP	Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro
CTTU	Companhia de Trânsito e Transporte Urbano
GRCT	Grande Recife Consórcio de Transporte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LCC	Luas Cross City
PPP	Iniciativa Público-Privada
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens
RMR	Região Metropolitana do Recife
SEI	Sistema Estrutural Integrado
STCP	Sistema de Transporte Complementar de Passageiros do Recife
STPP/RMR	Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife
TI	Terminal Integrado
TUE	Trem Unidade Elétrico
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UITP	União Internacional dos Transportadores Públicos
VLТ	Veículo Leve sobre Trilhos

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	13
1.2.1 Objetivos gerais	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO	14
2.2 MOBILIDADE URBANA NA RMR	17
2.3 A TECNOLOGIA VLT	23
2.4 VLT NO MUNDO	29
2.4.1 Europa	29
2.4.2 Houston	34
2.4.3 St. Petersburg	35
2.4.4 Dubai	35
2.4.5 Melbourne	36
2.4.6 Medellín	36
2.4.7 Brasil	36
3 METODOLOGIA	39
3.1 DEMANDA DOS PRINCIPAIS CORREDORES	39
3.2 TRAÇADO DA MALHA	40
3.3 ADEQUAÇÃO DA MALHA AO SISTEMA	47
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
Referências	53

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno da urbanização no Brasil teve início no século XX, devido à industrialização, um dos principais fatores para o deslocamento da população da área rural para a área urbana. Esse fenômeno provocou muitas mudanças no cenário socioespacial do país, dentre elas, o crescimento das cidades, gerando uma necessidade de transporte. (GOBBI, s.d.) Esse desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, o que provocou uma demanda desorganizada por locomoção, afetando, desde aquela época, a mobilidade urbana. Posteriormente, vieram as concessões de grandes incentivos para compra de veículos particulares, como a redução de impostos, gerando uma predominância desse tipo de transporte. Este é um dos maiores problemas de mobilidade no país, assim como a carência de alternativas em várias regiões do país, devido à falta de investimento em sistemas de transportes coletivos. Um sistema de mobilidade e locomoção de má qualidade afeta direta e indiretamente a qualidade de vida da população, a qual se mostra insatisfeita, como foi visto nos protestos do ano de 2013. Na cidade do Recife não é diferente, onde o sistema de transporte público é baseado em ônibus e que, junto com a enorme quantidade de veículos particulares trafegando, torna frequente a ocorrência de congestionamentos, inconvenientes e aumento de tempo de viagem. Nesse cenário, o sistema de transporte ferroviário VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) se apresenta como uma possibilidade de melhora para a mobilidade urbana, assim como uma alternativa em potencial para retirar as pessoas cada vez mais dos veículos particulares e utilizarem o transporte público.

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Visto que o atual quadro de transportes urbanos coletivos na Região Metropolitana do Recife apresenta uma baixa oferta e uma má qualidade, faz-se necessário uma busca por novas opções de transportes. O Veículo Leve sobre Trilhos já apresentou bons resultados como alternativa de transporte em vários países do mundo, principalmente na Europa, e mostra ter potencial para se tornar uma boa alternativa também na cidade do Recife, ofertando maior rapidez, conforto e segurança aos usuários. Apresenta um custo/benefício atrativo, visto que, mesmo com um elevado custo de implantação, tem um maior tempo de vida útil. Além disso, possui um caráter sustentável.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

1.2.1 Objetivos gerais

Apresentar as diretrizes para implantação de uma malha de sistema VLT como alternativa de melhora do transporte urbano na cidade do Recife, estudando seu histórico, suas características, caráter operacional e requisitos.

1.2.2 Objetivos específicos

- i. Apresentar o contexto histórico do sistema de transporte VLT;
- ii. Identificar os principais problemas de mobilidade urbana da RMR
- iii. Apresentar as características da tecnologia VLT;
- iv. Avaliar os corredores que mais demandam transporte público;
- v. Simular uma malha que abrange os corredores acima citados, a qual rode por grande parte da cidade e faça interação com outros modais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

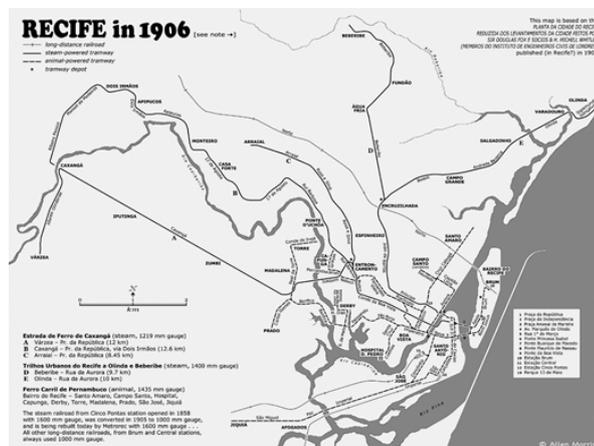
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A história do transporte ferroviário no Brasil teve início em 30 de abril do ano de 1854, com a inauguração da Estrada de Ferro Mauá. O trecho continha, de acordo com o (DNIT, s.d.), 14,5 km de extensão e bitola de 1,68 m, e ligava o porto de Mauá, no fundo da Baía de Guanabara à Raiz da Serra, no início da cidade de Petrópolis, permitindo a primeira operação intermodal no país. A estrada recebeu esse nome em homenagem ao grande empreendedor Irineu Evangelista de Souza, (1813-1889), o Barão de Mauá, o qual era considerado patrono do Ministério dos Transportes. Ele iniciou as atividades da indústria naval brasileira e, mais tarde, recebeu a concessão do governo para a construção e exploração de uma linha férrea.

A partir daí, outras ferrovias foram inauguradas no Brasil e se tornaram muito importantes no transporte de cargas e passageiros. “No mesmo período, os principais centros urbanos começavam a demandar não só por transporte de longa distância, mas também por deslocamentos internos. Começaram então a ser utilizados os primeiros veículos leves sobre trilhos no Brasil, nacionalmente conhecidos como bondes.” (RODRIGUES et al., 2011)

Os bondes nasceram nos Estados Unidos em torno de 1832 e os primeiros modelos eram puxados por cavalos, em seguida movidos a vapor e depois por energia elétrica (VUOLO, 2016). No final dos anos 1850, a cidade do Rio de Janeiro ganhou os primeiros bondes movidos por tração animal do Brasil, os quais foram substituídos, a partir de 1862, pelas locomotivas movidas a vapor - steam tramway.

Figura 1 – Sistema de transporte por bondes da cidade do Recife em 1906



Fonte: <http://www.tramz.com/br/re/re.html> (2006)

Pode-se observar na Figura 1 que as locomotivas interligavam bairros importantes, como Apipucos, Várzea, Caxangá, e também Olinda e Beberibe ao centro. Os trechos tinham bitolas variadas.

A cidade do Recife se destacou no uso dos bondes a vapor, também chamados de maxambombas. Esse meio de transporte esteve presente na cidade por mais de cinquenta e cinco anos e influenciou na expansão urbana da região.

Os bondes brasileiros se modernizaram e passaram a utilizar energia elétrica no início do século XX.

A introdução do sistema público de transporte, baseado em bondes elétricos, em 1892, transformou e modernizou as feições das cidades brasileiras. O crescimento das linhas e o surgimento de redes elétricas integradas de transporte coletivo tiveram impactos espaciais extraordinários que afetaram a morfologia urbana e o desenvolvimento do mercado imobiliário nas cidades brasileiras. (PIRES, 2012)

Mais de 40 cidades passaram a usar os bondes elétricos, e em Recife foram utilizados a partir de 1914 e permaneceram por cerca de 40 anos, quando começaram a ser substituídos por ônibus e pelo automóvel individual. Na década de 20, o sistema de bondes de Recife era considerado o terceiro maior do Brasil, com aproximadamente 130 veículos, 110 reboques e 141 km de linhas em operação. (MENDES, 2011)

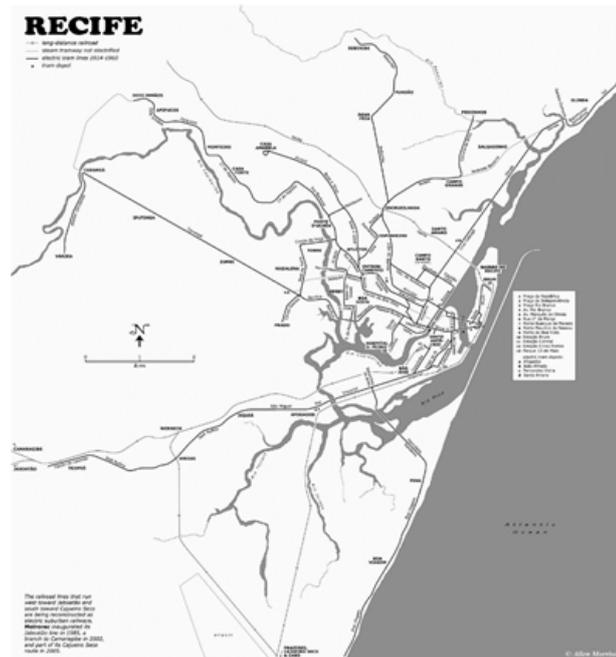
Figura 2 – Bonde Elétrico passando pela ponte Boa Vista



Fonte: <http://www.tramz.com/br/re/re.html> (2006)

A Figura 3 abaixo mostra a rede do sistema de bondes elétricos interligada com os bondes a vapor ainda existentes do Recife.

Figura 3 – Sistema de bondes em Recife após implantação dos bondes elétricos



Fonte: <http://www.tramz.com/br/re/re.html> (2006)

A implantação do sistema de bondes foi historicamente importante para o país, pois representou um marco na modernização dos transportes coletivos, fortaleceu a integração intra-urbana das cidades, reduziu tempos de circulação, valorizou o solo urbano e atraiu mais atividades para as regiões. (PIRES, 2012)

Figura 4 – Bonde elétrico inglês na Ponte Buarque de Macedo, postal de 8 de setembro de 1916



Fonte: <http://www.tramz.com/br/re/re.html> (2006)

2.2 MOBILIDADE URBANA NA RMR

A cidade do Recife em uma população estimada, de acordo com os dados do (IBGE, s.d.), de 1.625.583 e uma área territorial de 218,435 km², com densidade demográfica de 7.441,5 hab/km². Em toda a Região Metropolitana do Recife, que conta com Recife e mais outros 14 municípios, a população é de 3.940.456 de habitantes, considerada a oitava maior do país.

A questão da mobilidade urbana é apontada como os recifenses como um dos principais problemas da RMR. De acordo com pesquisa realizada pela companhia holandesa Tomtom em 2016, Recife tem o oitavo trânsito mais lento do mundo. (VILLELA, 2016) A frota de veículos é de 680.613 em Recife e de aproximadamente 1.301.313 em toda RMR, trafegando por ruas que muitas vezes não suportam tal quantidade, causando congestionamentos em várias áreas. Esse número, infelizmente, tende a crescer cada vez mais, devido aos vários incentivos à compra de carros particulares. Além disso, os veículos dos transportes públicos e seus terminais estão frequentemente lotados e com atrasos, principalmente em horários de pico, deixando seus usuários insatisfeitos.

A pesquisa nacional da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (Firjan) aponta que o recifense leva quase duas horas (114 minutos) para se deslocar de casa para o trabalho e regressar para o lar. O levantamento diz que mais de 251 mil trabalhadores gastam mais de meia-hora nesse percurso. As condições de locomoção dos ciclistas e pedestres também são inadequadas. (VERAS, 2016)

O Grande Recife Consórcio de Transporte é a empresa responsável por planejar e gerir o Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife. De acordo com o (GRCT, s.d.a), são 395 linhas de ônibus, que realizam mais de 26 mil viagens, transportando cerca de 2 milhões de passageiros diariamente, em mais de 3 mil veículos. Dessas 395 linhas, 27 são parte do Sistema de Transporte Complementar de Passageiros do Recife, gerenciado pela Companhia de Trânsito e Transporte Urbano. O sistema complementar conta com nove linhas interbairros (sete delas na capital e duas em toda região metropolitana, que são pagas e interligam centros comerciais da periferia da RMR) e 18 alimentadoras (gratuitas, que levam passageiros de comunidades de difícil acesso para pequenos terminais de ônibus). A capacidade da frota varia de acordo com o tipo de veículo. Os ônibus complementares têm capacidade variando entre 21 e 30 passageiros sentados. Já os veículos padrões possuem capacidade de aproximadamente 75 passageiros totais, sendo em média 44 sentados. Os veículos articulados e biarticulados têm capacidade de 110 e 170 passageiros, respectivamente.

Figura 5 – Linhas complementares RMR



Fonte: <http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2015/03/26/transporte-complementar-sofre-se-m-expansao-sistema-esta-estrangulado/> (2015)

O sistema metroviário da RMR ainda é considerado bastante precário e limitado, sendo ofertado em uma pequena área da região e é operado pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos.

O Sistema de Trens Urbanos do Recife é operado em 3 linhas férreas, sendo 2 eletrificadas e 1 operada por composições diesel com extensão total de 71 km abrangendo 4 municípios, Recife, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe e Cabo de Santo Agostinho, com 37 estações, transportando cerca de 400 mil passageiros/dia. A Linha Centro, eletrificada, abrangendo 3 municípios, Recife, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe, com 19 estações em operação, nos trechos Recife/Jaboatão e o ramal Coqueiral/Camaragibe; a Linha Sul também eletrificada, abrangendo 2 municípios, Recife e Jaboatão dos Guararapes, com 10 estações em operação, no trecho Recife/Cajueiro Seco e a Linha Diesel (VLT) abrangendo 3 municípios, Recife, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho, com 8 estações em operação. (CBTU, s.d.)

Figura 6 – Estações Metrô Recife



Fonte: <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/empresa-recife/caracteristicas-recife>

Nas linhas Centro e Sul a distância média entre as estações é de 1,2 km, com os trens seguindo a uma velocidade média de 40 km/h, podendo chegar a 80 km/h. A bitola é 1,60m e a alimentação dos trens é feita por catenárias aéreas. Na Linha Diesel a distância média entre as estações é de 4 km, a bitola é métrica e desde que os VLTs foram implantados, em 2012, o trajeto Jaboatão – Cabo dura aproximadamente 22 minutos, menos que a metade do tempo necessário antes, já que o veículo desenvolve até 100 km/h. Há a previsão de expansão do sistema, a partir da estação Cabo, em direção a Suape.

Figura 7 – Rede Metroviária do Recife

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Metr%C3%B4_do_Recife#/media/File:Recife_metro_geografic_map.png (2014)

O material rodante do sistema atual é composto por 25 TUEs (Trem Unidade Elétrica), 7 VLTs, 4 locomotivas e 20 carros de passageiros. Os veículos das linhas Centro e Sul possuem capacidade variando de 562 até 1000 passageiros. O sistema transporta em média 9,7 milhões de passageiros por mês nas três linhas, sendo a metade oriunda do Sistema Estrutural Integrado (SEI). Por motivos de quebra e falhas, até mil viagens deixam de ser realizadas por mês.

Figura 8 – Metrô Recife

Fonte: <http://jailsonrecifemobilidade.blogspot.com.br/2015/12/metro-do-recife-sem-dinheiro-metro-do.html> (2015)

Juntas, algumas linhas do sistema metroviário e de ônibus compõem o SEI (Sistema Estrutural Integrado), elas se integram por meio de terminais, formando

uma rede de transporte. De acordo com o (GRCT, s.d.a), “O SEI é voltado para o transporte de massa e apresenta uma configuração espacial constituída por eixos Radiais e Perimetrais. No cruzamento destes dois eixos, ficam situados os Terminais de Integração que permitem ao usuário a troca de linha sem pagar nova tarifa”. O SEI funciona da seguinte forma:

[...] Ao todo, são 10 Empresas Operadoras, responsáveis por 185 linhas, das quais 123 são alimentadoras [trazem os usuários do subúrbio até o terminal integrado mais próximo], 3 Perimetrais [cruzam grandes corredores sem passar pelo centro da cidade], 24 troncais [levam o usuário dos Terminais de Integração até o centro do Recife], 18 Interterminais [levam o usuário de um Terminal de Integração para outro], 6 transversais e 11 circulares [levam os usuários a áreas do entorno do terminal], atendendo dez dos quatorze municípios da Região Metropolitana do Recife.

Figura 9 – Mapa SEI RMR



Fonte: http://www.granderecife.pe.gov.br/images/interna/mapao_sei.jpg

O mais novo sistema de transporte implantado na RMR foi o BRT (Bus Rapid Transit) Via Livre, considerado um novo modal de ônibus. Os veículos comportam de 140 a 160 passageiros e transitam em dois corredores, o Via Livre Norte/Sul, que conecta os municípios de Igarassu, Abreu e Lima, Paulista e Olinda ao centro do Recife e o Leste/Oeste que liga Camaragibe ao Centro.

O primeiro opera com seis linhas passando pelas 25 estações em operação nos 33 km de percurso, que dura aproximadamente uma hora e atende em torno de 66

mil usuários por dia. Esse número pode chegar a 155 mil quando o corredor estiver operando com as sete linhas e as 26 estações planejadas. O investimento total nesse corredor foi em torno de R\$ 180 milhões, sendo aproximadamente 60% destinado para construção e adaptação dos terminais para o BRT. (GRCT, s.d.b)

Figura 10 – Corredor Norte/Sul BRT



Fonte: <http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/brt-via-livre>

O percurso do corredor Leste/Oeste dura em média 40 min e conta com 3 linhas percorrendo os 12 km, sendo 5,8 km pertencentes ao Ramal Cidade da Copa. O corredor opera atualmente com 15 estações distanciadas de 500 m, atendendo uma demanda de 50 mil usuários por dia. Quando estiver funcionando totalmente, com as oito linhas e 26 estações, a demanda pode chegar a 180 mil passageiros por dia.

Figura 11 – Corredor Leste/Oeste BRT



Fonte: <http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/brt-via-livre>

A instalação do sistema de BRT prometia trazer grandes mudanças para o transporte público da região, no entanto, opera em muitos trechos sem corredores exclusivos e misturados com os outros modais, prejudicando o andamento de todo o transporte. Além disso, há obras pendentes em muitas das estações, como por exemplo, na estação Benfica, que ficou incompleta, faltando cobertura do telhado e vidros laterais.

Visando priorizar e melhorar o trânsito do transporte público da RMR, já foram implantados 32,7 km de faixa azul, exclusiva para ônibus e BRT. A tendência é que cada vez mais vias recebam os corredores exclusivos.

Dentre as reclamações feitas pelos usuários do transporte público, uma se refere ao modelo de terminais integrados (TIs), o qual é visto como ultrapassado, pois o passageiro precisa se deslocar para um TI se quiser continuar seu trajeto sem pagar duas passagens. Um sistema de bilhetagem mais moderno, chamado de integração temporal, permite que o usuário faça mais de uma viagem no período de duas horas. Esse modelo já é utilizado em capitais como Maceió, São Paulo e Curitiba. Outro desafio enfrentado pelos usuários é o deslocamento interbairros, a malha do sistema de transporte público atual é considerada muito limitada. Por exemplo, não existe uma ligação direta entre a Zona Norte e a Zona Sul. (VASCONCELOS, 2015)

2.3 A TECNOLOGIA VLT

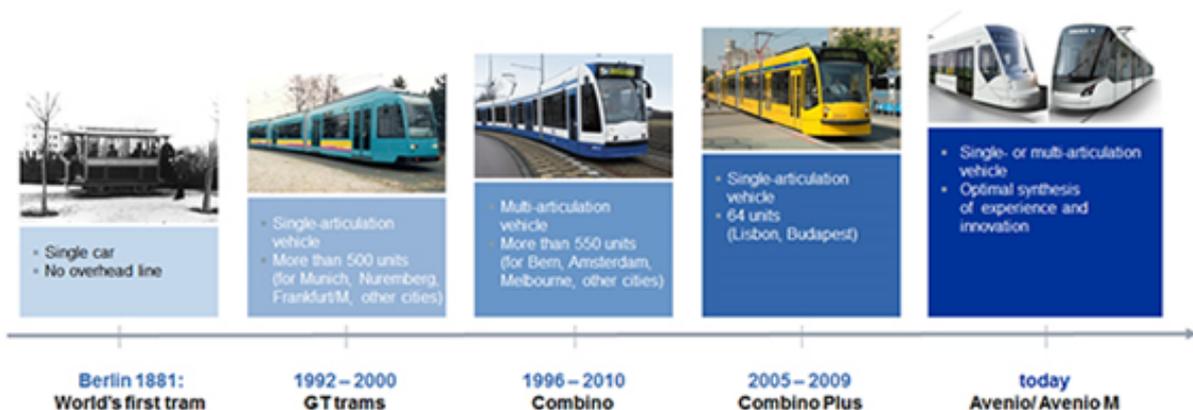
Atualmente, o mercado de fabricação da tecnologia VLT é dominado por quatro principais empresas: Alstom, Siemens, Bombardier e CAF, que são responsáveis por mais de 80% da produção mundial e estão estabelecidas no Brasil. Além outras empresas menores também produzem os veículos, como por exemplo, a Vossloh, responsável pela frota do VLT da Baixada Santista.

O sistema apresenta inúmeras vantagens, por exemplo:

- VLTs têm maior estabilidade em curvas e aceleração/frenagem e não necessitam de via exclusiva, requisitando menor espaço na via pública, e podem dividir os corredores com pedestres, ciclovias e outros modais;
- Interage com o meio urbano de maneira amigável, circulando ao nível das ruas, preservando o patrimônio histórico e colaborando para a revitalização urbanística das vias por onde passa.
- É mecanicamente e energeticamente eficiente, já que é capaz de transportar um grande volume de passageiros com pequeno consumo energético;
- Tem baixo impacto ambiental quando comparado a outras alternativas de mobilidade urbana;

- Possuem estações modernas;
- Apresentam característica da pontualidade e boa frequência;
- Independe de combustíveis fósseis para funcionar;
- Produz menos ruído;
- É capaz de operar sob más condições atmosféricas;
- São mais baratos e rápidos de construir que os tradicionais trens suburbanos ou metrô;
- Possui maior número de portas, facilitando o movimento de entrada e saída de passageiros, reduzindo o tempo nas estações;
- O VLT tem uma durabilidade de 30 anos, muito maior do que os veículos BRTs, por exemplo, que possuem vida útil de 8 anos.
- Pode garantir uma capacidade de transporte que varia entre 15 mil e 45 mil pass/h/sentido.
- Preza por acessibilidade, através do piso baixo e rampa de acesso para cadeiras de rodas;
- São seguros e mais fáceis de serem evacuados;
- Geralmente atingem velocidade média de 70 km/h, podendo chegar até a 100 km/h;
- Permite integração com outros sistemas de transportes, como ônibus e metrô.

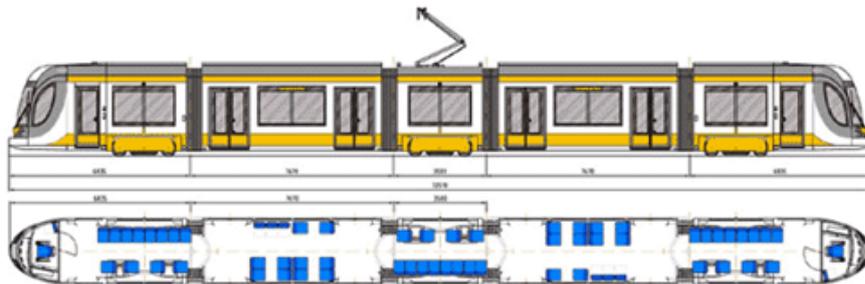
Figura 12 – Evolução veículos da fabricante Siemens (SIEMENS, s.d.)



Algumas desvantagens também podem ser citadas:

- Mesmo sendo menor que o do sistema metroviário, ainda requer um grande investimento inicial e leva mais tempo para ser implantado do que os BRTs;
- Trafega com velocidade inferior e tem menor capacidade do que o metrô;
- Possui deslocamento fixo, não tendo flexibilidade de rota;
- Como circula junto com outros modais e pedestres, exigindo bastante atenção para evitar acidentes;
- Enfrenta a resistência de proprietários de automóveis, já que a implantação de vias exclusivas para o VLT resulta na redução do espaço para circulação dos automóveis nas via; (PELIZZA, 2014)

Figura 13 – Exemplo de disponibilização interna do veículo



Fonte: <http://www.bombardier.com/en/transportation/projects/project.flexicity-palermo-italy.html?f-region=all&f-country=fr&f-segment=all&f-name=all>

Figura 14 – Interior de um veículo

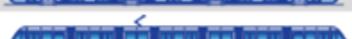


Fonte: <http://www.caf.net/en/productos-servicios/proyectos/proyecto-detalle.php?p=268>

(CCR, 2012) lista as principais características operacionais dos sistemas das quatro principais fabricantes de VLT, os quais apresentam características semelhantes:

- Adotam plataformas modulares que permitem fabricar veículos com largura variável entre 2,20m e 2,65m e comprimento entre 20 e 70m. Contudo os fabricantes recomendam a adoção de veículos com largura entre 2,40m e 2,65m e comprimento entre 30 e 55m;
- Os veículos possuem de 2 a 8 módulos e têm capacidade de até 400 passageiros/VLT;
- Adotam piso rebaixado 100% (100% low floor), como referência, permitindo fácil acesso ao veículo, no nível da calçada, permitindo a adoção de lay-out interno específico, com uso de bancos convencionais (normal ou lateral), bancos retráteis, encostos laterais, espaços reservados para cadeirante, carro de bebe e bicicletas, etc.;
- Adotam modulo de comando (cabine de controle) independente, que permite projetar mascara frontal especificamente para projeto, dando uma característica própria ao projeto;
- Área interna dotada de ar condicionado, sistemas de CFTV e sistemas de comunicação entre o sistema e o usuário (sonoro e visual);
- Alto grau de conforto com o uso de modernos sistemas de controle de tração, evitando solavancos na partida e parada dos veículos;
- Possuem os seus produtos em operação em diversas cidades, espalhadas nos cinco continentes, o que permite visita para comprovar suas eficiências;
- Veículos de alto rendimento operacional, circulando com velocidades médias entre 70 km/h e 80 km/h, aceleração em torno de $1,2\text{m/s}^2$, frenagem normal entre $1,2\text{ m/s}^2$ e $1,3\text{m/s}^2$ e frenagem de emergência em torno de $2,5\text{m/s}^2$.
- Bitolas variam entre 1000 mm e 1435 mm;
- Veículos bidirecionais ou unidirecionais;
- Permitem a adoção de curvas horizontais com pequenos raios, de até 20 m;
- Os novos veículos podem vencer inclinações de até 12%;
- Opera em viadutos, superfícies e túneis;

Figura 15 – Configuração dos veículos do modelo Citadis da Alstom de acordo com o comprimento

Vehicle configurations	Vehicle lengths for bi-directional versions	Max capacity ≈ 4 passengers/m ² for 2 400 mm width versions	Max capacity ≈ 4 passengers/m ² for 2 650 mm width versions
	23,9 m	142	■
	32,2 m	200	221
	33,4 m	211	233
	35,6 m	220	■
	36,8 m	231	■
	43,4 m	279	301
	43,4 m	284	307
	44,6 m	290	313
	44,6 m	295	319

Fonte: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/>

Figura 16 – Características Operacionais de modelo Citadis da Alstom

KEY TECHNICAL FEATURES

Specification criteria	Values specific to each nominal length		
	20 nominal meter versions CITADIS 205	30 nominal meter versions CITADIS 305	40 nominal meter versions CITADIS 405
Vehicle length depending on width of doors required	24 m	32 m to 37 m	43 m to 45 m
Vehicle width	2.4 m	2.4 m and 2.65 m	
Track gauge	1435 mm		
Number of bogies per tram	2	3	4
Number of car modules per tram	3	5	7
Provision for subsequent tram extension	Up to 5 modules (37 m)	up to 7 modules / 4 bogies	not extendable
Low floor percentage	100 %		
Access height (entrance)	intermediate doors: 326 mm, front doors: 342 mm (above top rail)		
Central aisle width over bogies	750 mm		
Number and type of doors per side (Sliding plug doors)	4 double doors	4 to 6 double doors or 2 to 4 double doors + 2 single doors	5 to 8 double doors or 3 to 6 double doors + 2 single doors
Seating configuration	modular arrangements (see diagram)		
Passenger capacity seated (≈ 4 pax /m ²)	41	42 to 66	57 to 82
standing	101	152 to 184	215 to 237
TOTAL	142	202 to 238	271 to 341
comfort ratio ⁽¹⁾	29%	up to 28%	up to 25%
exchange ratio ⁽²⁾	26%	up to 27%	up to 25%
wheelchair areas	1	1 or 2	1 or 2
Passenger information equipment	different packages available		
HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning)	independent controls for passenger & driver zones / scaled to relevant climatic conditions		
Motorization ratio	100%	67% (100% is an option)	75%
Maximum speed in service	70 km/h	80 km/h	
Maximum acceleration	1.3 m/s ²		
Service deceleration	1.2 m/s ²		
Compression load	400 kN		
Crash absorption resistance	meets EN15227 standards		
Minimum horizontal curve radius	20 m (in depot)		
Operation	bidirectional or unidirectional operation in single or double unit		
Traction motors	2 air-cooled permanent magnet motors per motorized bogie		
Power supply voltage	750 Vdc (600 Vdc as an option)		

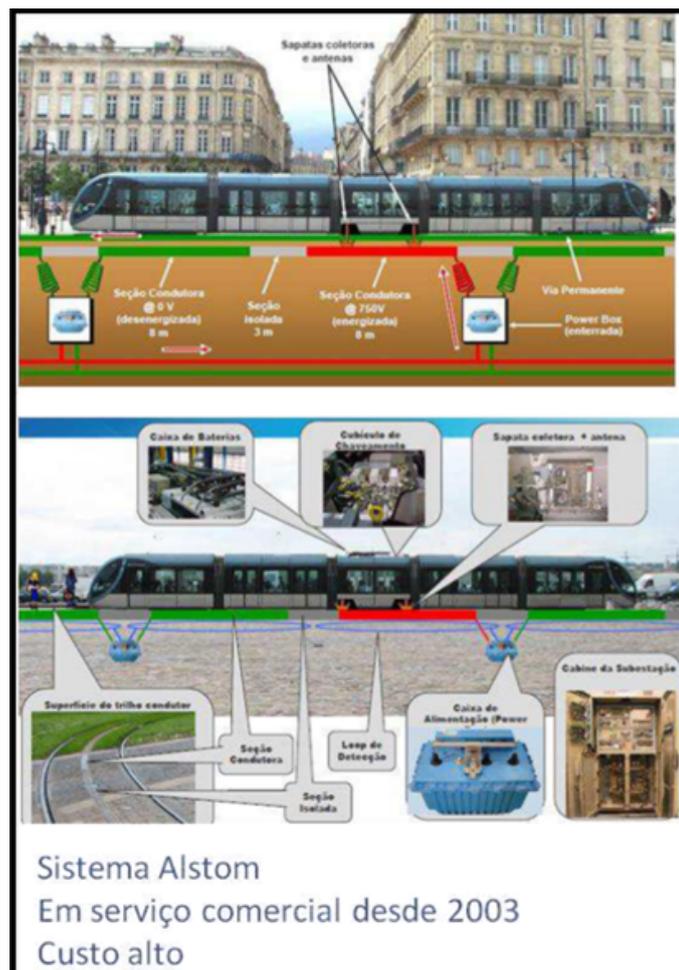


⁽¹⁾ number of seats for passengers / total passenger capacity per tram
⁽²⁾ sum of widths of doors / total length of passenger zone per tram

Fonte: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/>

Todos os fabricantes oferecem seus produtos baseados no uso de alimentação de energia por meio de catenária convencional, por ser o processo mais eficiente e seguro, de maior facilidade de manutenção e custo de implantação mais baixo. No entanto, tecnologias para alimentação sem o uso de catenária já estão em uso pela Alstom e em estudo por outras fabricantes. A tecnologia da Alstom é denominada APS – Alimentação pelo Solo e tem como objetivo prover um sistema de alimentação por um trilho central, é como uma espécie de terceiro trilho, que contém energização apenas no trecho coberto pelo veículo, sendo assim totalmente seguro para pedestres e automóveis, sem risco de choques. O sistema ainda conta com supercapacitores e baterias para garantir a autonomia dos veículos, por exemplo, em cruzamentos e em trechos em que houver falhas. (ALSTOM, 2016) Apesar do alto custo de implantação, o sistema já está sendo utilizado no novo VLT carioca. Esse sistema ganha destaque pois possibilita preservar as características da cidade, principalmente em centros históricos.

Figura 17 – Tecnologia APS da Alstom



Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

2.4 VLT NO MUNDO

De acordo com (CDURP, 2012), atualmente, o sistema de transporte VLT está em operação em mais de 400 cidades, em implantação em cerca de 60 cidades e com projetos em torno de 200 cidades, distribuídas nos cinco continentes. Em alguns países europeus as redes de VLT operam há muito tempo e não sofreram processos de erradicação, e alguns desses sistemas operam na concepção de compartilhamento do espaço viário com os ônibus e automóveis.

2.4.1 Europa

Paris: Até meados do século XX, Paris contava com uma extensa rede de bondes, que foram sendo substituídos pelo metrô. No final do mesmo século, a companhia RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) se propôs a investir em nova rede VLT na cidade (CIVITADIS, s.d.), chamada de tramway, que completa o eficiente sistema de transporte metroviário e transporta cerca de 84,8 milhões de passageiros por ano. Há sete linhas de VLT cortando a cidade, algumas planejadas do zero e outras que modernizaram antigas linhas. Cada linha permanece isolada até agora, e cada uma tem seu próprio pátio e seu material específico, por vezes incompatíveis com as outras linhas.

Berlim: O sistema tramway de Berlim é um dos mais antigos do mundo, inaugurado em 1865. Possui mais de 800 paradas e é considerado a terceira maior malha do mundo, com 190 km em rota e 430 km distribuídos nas 22 linhas. Merece destaque pela rapidez, pontualidade, conforto e acessibilidade. Cerca de 1,3 milhões de viagens são realizadas anualmente, transportando 157 milhões de passageiros.

Figura 18 – Tramway Berlim



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/kaffeeinstein/3732421752/> (2008)

Bruxelas: Possui a 16ª maior rota do mundo, com 138,9 km e 17 linhas. Transporta mais de 123,5 milhões de passageiros por ano. A frota é fornecida pela canadense Bombardier, modelo Flexity. (BOMBARDIER, s.d.)

Figura 19 – Modelo da Bombardier em Bruxelas



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Trams_in_Brussels (2010)

Amsterdã: O tram holandês é o principal modo de transporte no centro e pontos turísticos da cidade e os veículos transitam em 14 linhas, num total de 80 km de rota. A frota é composta por 200 trams, sendo 24 bidirecionais e o restante unidirecional, o que é possível devido ao fato de que a maioria das rotas terminam em um sistema de viragem. Os trams são movidos por um sistema de catenária com uma bitola padrão de 1,435 mm.

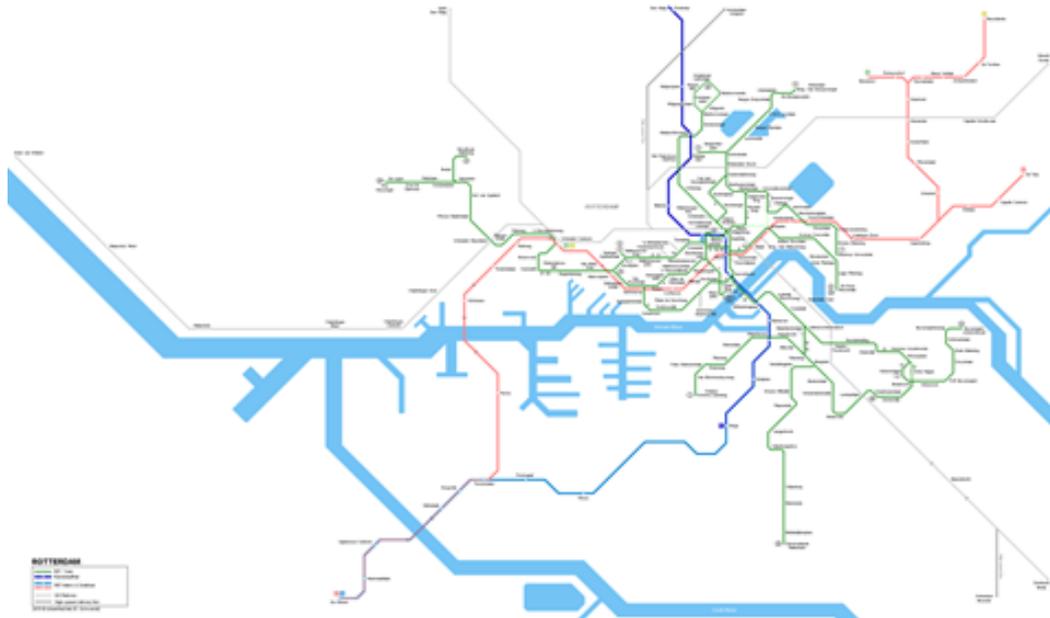
Figura 20 – Rede Tram de Amsterdam



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Trams_in_Amsterdam (2016)

Rotterdam: Também na Holanda, o sistema de tram de Rotterdam é um excelente complemento para o metrô. São 9 linhas em 194 km de rota que abrangem tanto o centro, quanto o subúrbio da cidade. Os antigos veículos articulados dos anos 80 vêm sendo substituídos pelos modernos Citadis da francesa Alstom.

Figura 21 – Rede Tram de Rotterdam



Fonte: http://www.urbanrail.net/eu/nl/rot/rotterdam_denhaag-map.htm (2015)

Zaragoza: A rede VLT da cidade espanhola é a mais premiada do mundo, como pode ser visto abaixo: Light Rail Awards 2012 – Melhor Projeto Mundial de VLT (Londres, 3 de outubro de 2012); Premio UITP (União Internacional dos Transportadores Públicos) de Melhor Projeto de Integração de Transporte Urbano do Mundo (Várzovia, 9 de maio de 2012); Prêmio LightWorld 2013 – Como melhor serviço ao passageiro (Madri, 10 de abril de 2013); Prêmio Atualidade Econômica como Melhor Iniciativa Público-Privada (PPP) do ano (Zaragoza, 3 de outubro de 2013); Prêmio Território & Marketing ao Desenvolvimento Urbano (Barcelona, 18 de outubro de 2012); Prêmio Europeu “Ville, Rail & Transports”, como referencia internacional de transporte urbano (Paris, 10 de dezembro de 2013). O sistema possui uma Linha 1, com 12.8km, que não utiliza eletrificação por postes e catenárias, circulando a 21km/h de velocidade média e está totalmente interligado com todos os demais modais de transporte da cidade. A linha 2, teve sua construção iniciada em abril de 2015 e terá 8 km de extensão, uma terceira linha será construída após o fim da construção da linha 2. (ANPTRILHOS, s.d.)

Budapeste: Budapeste ganhou, em abril de 2016, o VLT mais comprido do mundo, com 56 m, fabricado pela espanhola CAF. (LOBO, 2016) A rede da cidade possui 627 estações divididas nos 156 km de rota e 33 linhas, sendo 26 principais

e 7 complementares. Os 612 veículos da frota transportam cerca de 400 milhões de passageiros por ano.

Figura 22 – O bonde da foto é o mais comprido VLT do mundo com 56 m, fabricado pela espanhola CAF.



Fonte: <http://diariodorio.com/para-que-veio-o-vlt-uma-analise-sobre-o-veiculo-leve-sobre-trilhos/> (2016)

Milão: O sistema possui uma rede de 170 km e 18 linhas. Uma característica do sistema é que possui veículos dos anos 1940 e veículos mais modernos, todos circulando pelos mesmos trilhos e utilizando a mesma infraestrutura.

Figura 23 – Veículos mais antigos da frota italiana



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/Trams_in_Milan (2010)

Dublin: O sistema VLT de Dublin recebe o nome de LUAS, que significa veloci-

dade no idioma gaélico irlandês. São duas linhas que trafegam na cidade, a Red Line e a Green Line, uma terceira está em construção, chamada de Luas Cross City, que vai interligar as linhas já existentes e deve entrar em operação no final de 2017. (LCC, 2014)

Figura 24 – Luas Cross City - Linha que está em construção em Dublin



Fonte: <http://www.luascrosscity.ie/wp-content/uploads/2014/07/LCC-Route-Pack-Dawson-Northbound-Update1.pdf>

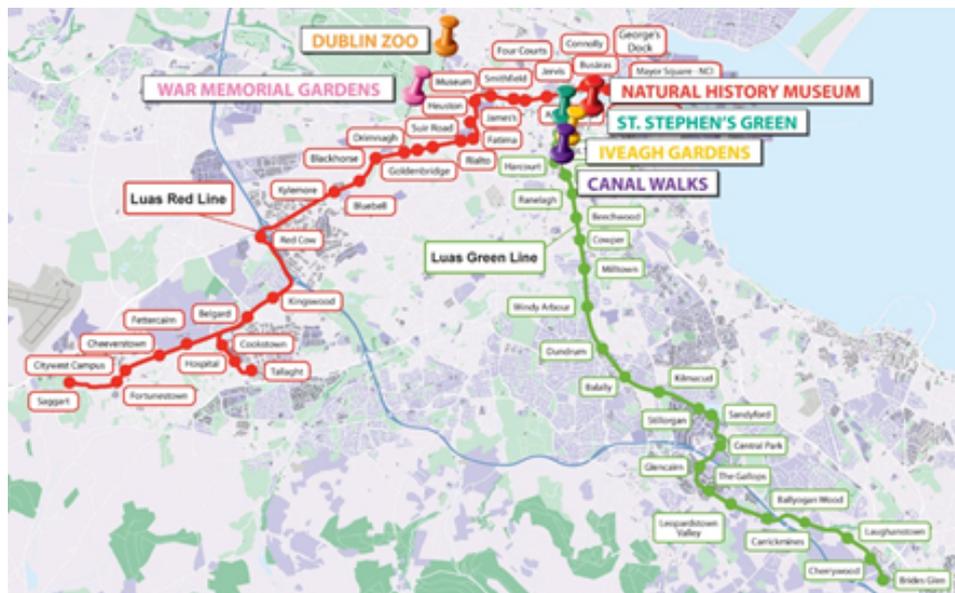
A Red Line possui 20 km e 32 paradas, já a Green Line opera 16,5 km e 22 paradas. Aproximadamente 90 mil passageiros são transportados diariamente e em média 35 milhões anualmente. (TRANSDEV, s.d.) Esse número pode crescer em 10 milhões com a nova linha. São 66 veículos Citadis (Alstom) trafegando na cidade. A rede faz ligação com outros modais de transporte, como o ônibus e o trem.

Figura 25 – Paradas do LUAS



Fonte: <http://www.dublinitourist.com/maps/luas-tram-services-map-dublin/>

Figura 26 – Malha das duas linhas em operação em Dublin



Fonte: <https://www.luas.ie/luas-fun-summer-activity-guide-sport.html>

2.4.2 Houston

Nos Estados Unidos, a malha VLT de Houston é apelidada de METRORail e transporta 39500 passageiros por dia em uma linha de 12,1 km dividida em 16

estações. A frota era exclusiva da Siemens, mas recentemente recebeu 39 novos veículos da espanhola CAF que devem ser usados inclusive para novas linhas que serão construídas. Um destaque desse sistema é um trecho que possui espelho d'água.

Figura 27 – VLT de Houston em trecho com espelho d'água



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Metr%C3%B4_de_Houston (2004)

2.4.3 St. Petersburg

A cidade russa já teve a maior rede do mundo e até os anos 1980 contava com 340 km de linhas, no entanto, boa parte das linhas do centro foi removida a partir de 1995. Hoje, o sistema ainda é considerado o segundo maior do mundo e conta com cerca de 210 km e 40 linhas.

2.4.4 Dubai

O VLT de Dubai inclui várias revoluções tecnológicas da Alstom. É o primeiro VLT do mundo capaz de rodar a temperaturas de até 50 °C e suportar condições climáticas extremas. Semelhante ao Rio de Janeiro, o equipamento conta com um sistema de fornecimento de energia no nível do solo (APS), o sistema também é o primeiro do mundo a ser livre de catenárias em toda a linha, que tem 10,6 km de comprimento e 11 estações. O modelo Citadis apresenta um formato diferenciado na frente, que lembra um diamante e tem 44 metros de comprimento, pode acomodar 408 passageiros e, apesar de não haver divisória entre os vagões, há áreas denominadas “ouro”, “prata” e “mulheres e crianças” que são separadas apenas por uma linha no chão. (TRANSP0, 2014) A velocidade máxima é de 50 km/h.

Figura 28 – VLT Dubai que lembra formato de diamante



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Dubai_Alstom_Citadis_402.jpg/600px-Dubai_Alstom_Citadis_402.jpg

2.4.5 Melbourne

A cidade australiana não possui metrô, no entanto, é dona da maior rede VLT do mundo, com 290 km de trilhos, 493 veículos na frota, 25 linhas e 1763 estações de paradas. É outro sistema que utiliza o modelo Citadis, da Alstom. Visando a modernidade, 2 projetos estão em andamento na cidade. O primeiro, é um projeto que visa a implantação de semáforos inteligentes que dão prioridade aos Veículos Leves Sobre Trilhos e outro que desenvolve um VLT movido a energia solar, em que grandes parques capazes de produzir 75 megawatts (MW) de eletricidade renovável serão construídas no estado até o final de 2018. A medida deve reduzir emissões de gases de efeito estufa em mais de 80.000 toneladas por ano. (LOBO, 2017)

2.4.6 Medellín

A linha de Medellín foi inaugurada em 2015 e tem 4,3 quilômetros, o que inclui nove estações e transporta uma média de 85.000 passageiros por dia. Os 12 veículos da frota são semelhantes aos que operam na França e Espanha e possuem 39 metros. Os veículos podem vencer rampas com inclinação de até 12% e devem operar com uma velocidade média de 30 km/h. A linha faz ligação com o metrô.

2.4.7 Brasil

Maceió: A cidade nordestina foi a primeira capital a ter um sistema de VLT, o qual possui uma única linha de 32,1 km, composta por 15 estações, distribuídas nas

idades de Maceió, Satuba e Rio Largo. A bitola é métrica e a rede transporta cerca de 11 mil passageiros por dia.

Figura 29 – VLT da capital alagoana



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Trens_Urbanos_de_Macei%C3%B3 (2015)

Baixada Santista: Hoje o sistema de VLT da Baixada Santista é composto por uma única linha entre Barreiros e o Porto de Santos, que possui 15 estações, estando 1 em obra, e 11,5 km de extensão. Uma nova linha com 13 paradas previstas está em construção, totalizando com a primeira linha 26,5 km de trajeto e com estimativa de transportar 220 mil passageiros por dia. Os veículos têm 44 m de comprimento e são movidos por eletrificação catenária a 25 km/h.

Rio de Janeiro: O VLT carioca permite, com seus 28 km, a interligação da região portuária ao centro da cidade e ao aeroporto Santos Dumont de forma mais rápida. O projeto visava também os Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro. Os 32 veículos de 44 m de comprimento dispensam o uso de catenárias e preservam a identidade do Rio ao serem movidos pela opção de Alimentação Pelo Solo (APS), com energia captada por meio de um terceiro trilho instalado entre os trilhos de rolamento do trem. O sistema é bidirecional, ou seja, os trens podem trafegar em ambos os sentidos, e cada um tem capacidade para 420 passageiros, sendo dotados de ar condicionado, sete módulos, oito portas por lateral e são oferecidos pela francesa Alstom, porém fabricados na unidade de Taubaté. A previsão é livrar o tráfego de pelo menos 60% dos ônibus e 15%

do número de carros que rodam na zona central da cidade, e também chegar em 270 mil passageiros transportados diariamente.

Figura 30 – Os novos VLTs cariocas, alimentados sem necessidade de catenária



Fonte: <https://transportemodernoonline.com.br/2016/07/06/vlt-inicia-operacao-na-cidade-do-rio-de-janeiro/> (2016)

3 METODOLOGIA

Através de dados sobre a demanda dos corredores da cidade, foi feito o planejamento de uma malha VLT que atenda esses locais.

3.1 DEMANDA DOS PRINCIPAIS CORREDORES

O Grande Recife Consórcio de Transporte e o professor da UFPE Maurício Pina disponibilizaram dados dos 12 corredores que mais demandam transporte público na região do Recife, referentes ao mês de Outubro/2016.

Tabela 1 – Demanda dos corredores principais para o mês de OUT/2016

CORREDORES	AV. PRESIDENTE KENNEDY	AV. CRUZ CABUGÁ	AV. AGAMENON MAGALHÃES	RUA REAL DA TORRE/JOÃO IVO DA SILVA	AV. RECIFE	RODOVIA BR-101
TOTAL PASSAG.	5.375.647	4.634.244	7.655.454	3.289.984	2.829.471	2.623.738
CORREDORES	AV. MAL. MASCARENHAS DE MORAIS	AV. SÃO MIGUEL/JOSÉ RUFINO	AV. ABDIAS DE CARVALHO / BR-232	AV. CAXANGÁ / BELMIRO	AV. CONS. ROSA E SILVA	AV. NORTE
TOTAL PASSAG.	4.099.764	1.615.927	2.043.335	4.447.735	3.551.029	5.832.980

Fonte: Elaborado pela autora (2016)

Para se chegar ao número de passageiros por dia, considerou-se que o mês de Outubro/2016 teve 26 dias úteis, considerando sábados, domingos e feriados com menor demanda e, conseqüentemente, menor peso, através do seguinte cálculo: 20 dias úteis + 5 sábados x 0,6 + (5 domingos + 1 feriado) x 0,5 = 26 dias úteis.

A demanda diária então ficou:

Tabela 2 – Demanda diária dos 12 corredores

CORREDO- RES	AV. PRESI- DENTE KENNEDY	AV. CRUZ CABUGÁ	AV. AGA- MENON MAGA- LHÃES	RUA REAL DA TORRE/JOÃO IVO DA SILVA	AV. RECIFE	RODO- VIA BR-101
TOTAL PAS- SAG./DIA	206.756	178.240	294.441	126.538	108.826	100.913
CORREDO- RES	AV. MAL. MASCARE- NHAS DE MORAIS	AV. SÃO MI- GUEL/JOSÉ RUFINO	AV. ABDIAS DE CAR- VALHO / BR-232	AV. CAXANGÁ / BELMIRO	AV. CONS. ROSA E SILVA	AV. NORTE
TOTAL PAS- SAG./DIA	157.683	62.151	78.590	171.067	136.578	224.345

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

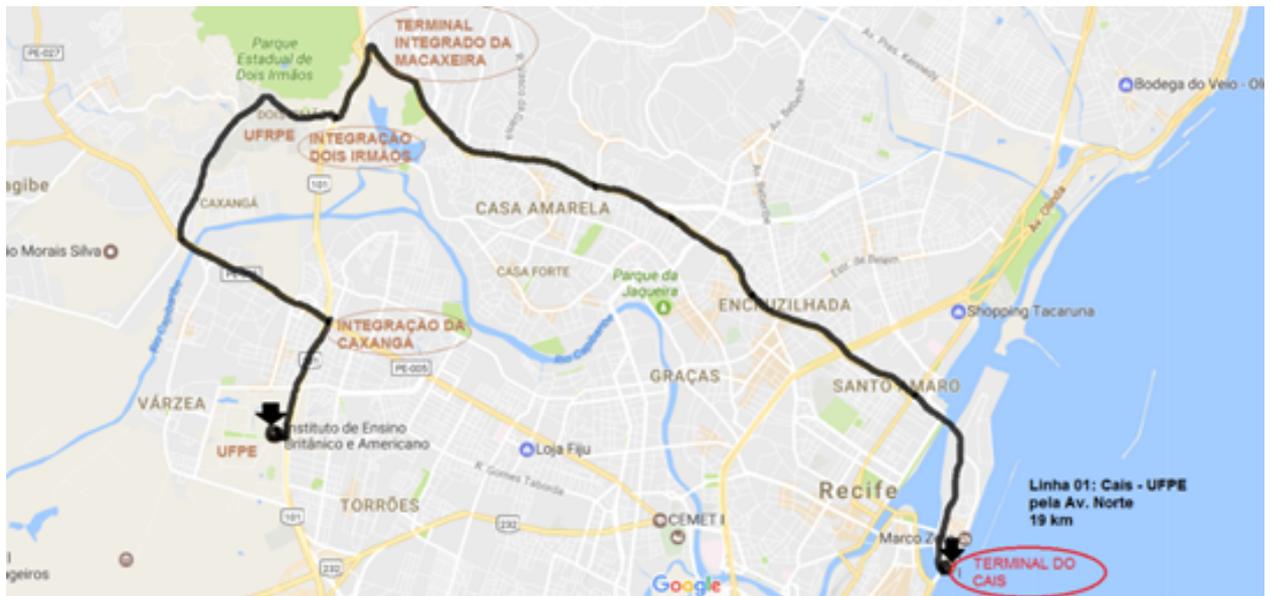
3.2 TRAÇADO DA MALHA

A partir dos dados dos corredores e com auxílio do mapa da região, foi traçada uma malha fictícia de VLT, levando em consideração destinos importantes, como a UFPE, UFRPE, Shopping Tacaruna, Shopping Guararapes, Terminais de Xambá e Santa Luzia, o terminal na Caxangá, no cruzamento com a BR-101 e um terminal que foi implantado no centro, apelidado Terminal do Cais, situado próximo ao Paço Alfândega, onde hoje se encontra o Estacionamento do Porto. Também foi levado em conta a estrutura das vias e a possibilidade de integração com outros modais, como o metrô recifense.

O resultado obtido consiste em uma rede formada por 9 linhas, que juntas totalizam 147 km de rota e aproximadamente 112 km de trilhos. As linhas são mostradas abaixo:

- Linha 01 – Preta: Liga o Terminal do Cais à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) passando pelo Cais do Apolo, Av. Norte, Integração da Macaxeira e UFRPE. Possui 19 km de extensão. Considerando uma velocidade média de 50 km/h e mais tempo de parada, estima-se o tempo de viagem em cada sentido de 30min.

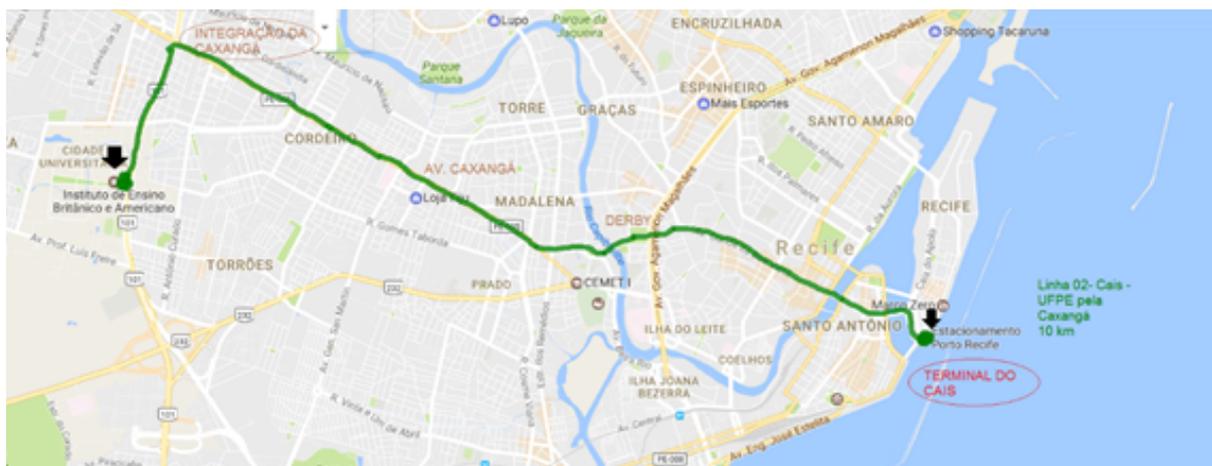
Figura 31 – Linha 01



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 02 – Verde Escuro: Liga o Terminal do Cais à UFPE, passando pela Av. Conde da Boa Vista, Derby e Caxangá. Total de 10 km. Tempo estimado de 20min.

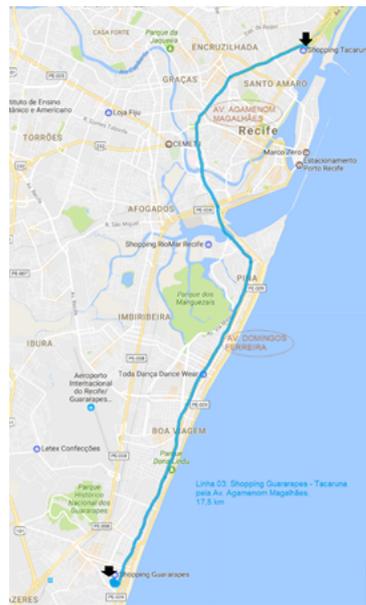
Figura 32 – Linha 02



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 03 – Azul: Conecta o Shopping Guararapes ao Shopping Tacaruna, através da Av. Domingos Ferreira e Agamenon Magalhães. Total de 17,5 km. Estimado 25 min de viagem por sentido.

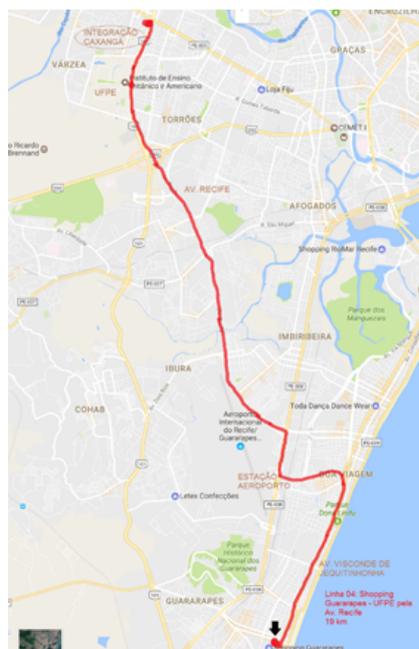
Figura 33 – Linha 03



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 04 – Vermelha: Liga o Shopping Guararapes à UFPE, passando pela Barão de Souza Leão, trecho da Mascarenhas de Moraes, Av. Recife e BR-101. Tem 19 km de extensão. Tempo de viagem de aproximadamente 30 min.

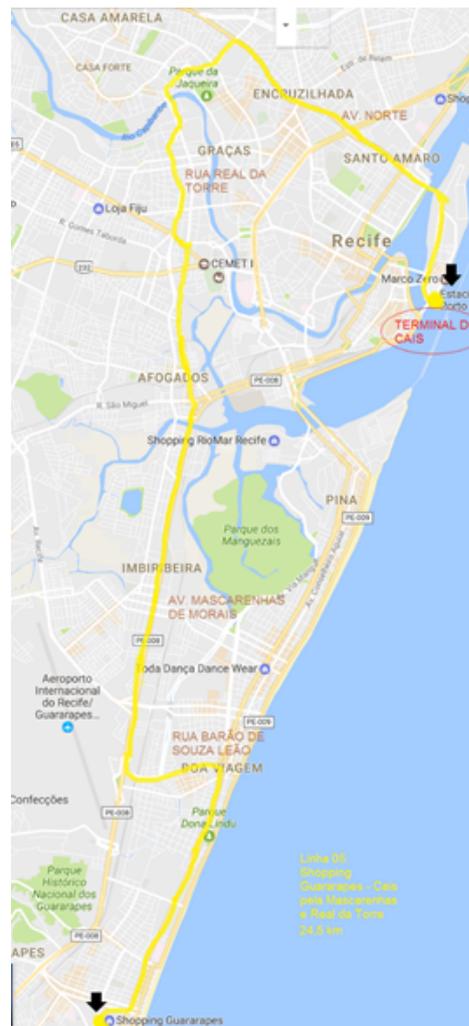
Figura 34 – Linha 04



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 05 – Amarela: Liga o Shopping Guararapes ao Terminal do Cais, pela Barão de Souza Leão, Mascarenhas de Moraes, R. Real da Torre, Parnamirim, Av. Norte e Cais do Apolo. É a maior linha em extensão, com 24,5 km. Tempo de 40 min, aproximadamente.

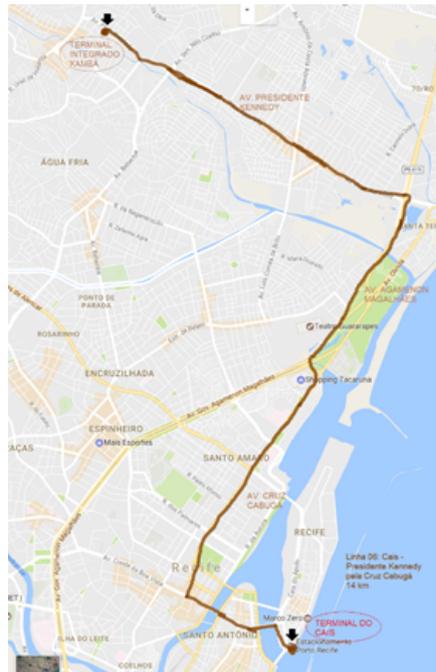
Figura 35 – Linha 05



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Linha 06 – Marrom: Conecta o Terminal do Cais ao Terminal de Xambá, na Av. Presidente Kennedy, passando por trecho da Av. Boa Vista, Parque 13 de Maio, Av. Cruz Cabugá e Av. Presidente Kennedy. Total de 14 km. Tempo estimado entre 20 e 25 min de viagem.

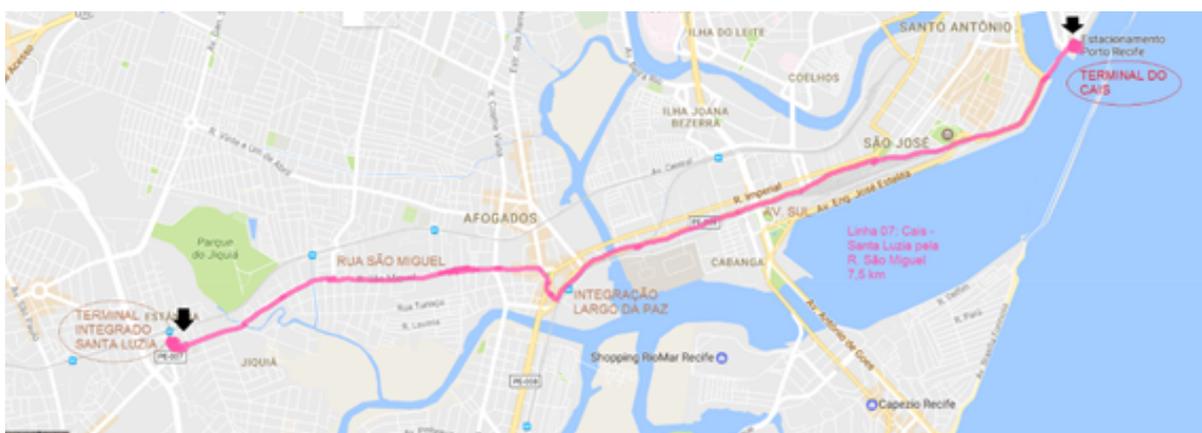
Figura 36 – Linha 06



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 07 – Rosa: Liga o Terminal do Cais ao Terminal de Santa Luzia, passando pela Av. Sul e a R. São Miguel. É a menor das linhas, com 7,5 km. Tempo aproximado de 15 min.

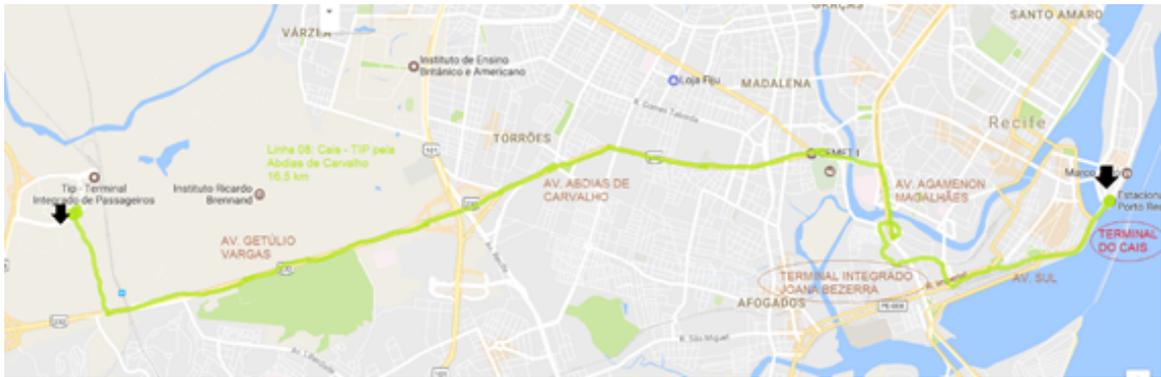
Figura 37 – Linha 07



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 08 – Verde Claro: Liga o Terminal do Cais ao TIP (Terminal Integrado de Passageiros), pela Estação Joana Bezerra, Abdias de Carvalho e BR–232. Total de 16,5 km. Tempo entre 20 e 25 min de viagem.

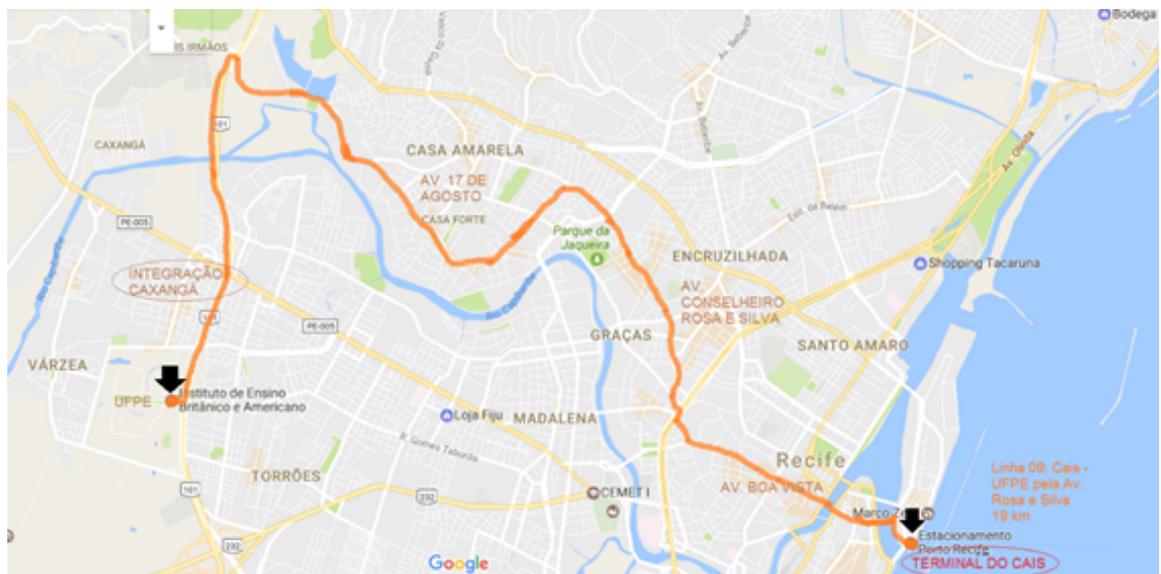
Figura 38 – Linha 08



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

- Linha 09 – Laranja: Conecta o Terminal do Cais à UFPE, passando pela Av. Boa Vista, Av. Rosa e Silva, Av. 17 de Agosto e BR-101. Possui 19 km de extensão. Tempo aproximado de 30 min de viagem por sentido.

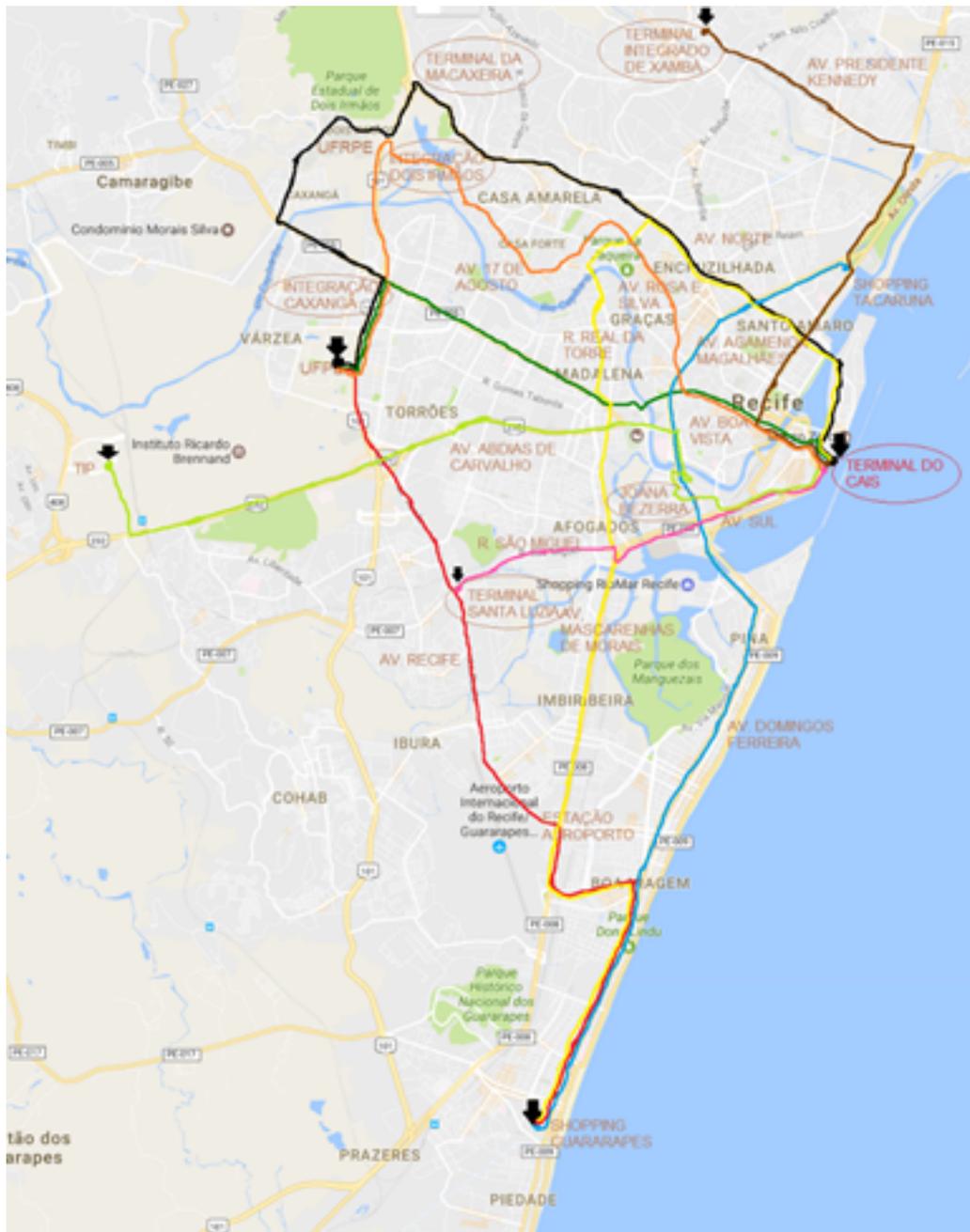
Figura 39 – Linha 09



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

A Malha total, com 147 km de linha e 112 km de trilhos, custaria em torno de 8 bilhões de reais para ser implantada, visto que o custo para implantação de 1 km de VLT custa em torno de 60 milhões de reais.

Figura 40 – Malha VLT Recife



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Pode ser observado que a rede possui interligação com outros modais (metrô e ônibus) e também há pontos de cruzamento das malhas, onde é possível realizar trocas e transitar por mais locais dentro da cidade, tudo isso vai ajudar a suprir a demanda dos corredores mais necessitados. Em alguns desses cruzamentos, ocorre de uma linha passar por baixo e outra por cima de um viaduto, como por exemplo no cruzamento da Linha 08 – Verde com a Linha 04 – Vermelha, na Av. Recife – Av. Abdias de Carvalho. Nesses locais, pode-se adotar um sistema de escadaria ou elevadores, para ser possível a troca.

Figura 41 – Cruzamento entre Linha 04 e Linha 08



Fonte: Elaborado pela autora (2017)

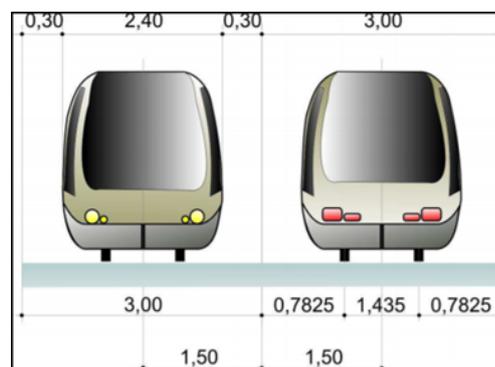
3.3 ADEQUAÇÃO DA MALHA AO SISTEMA

A importância do projeto de um modelo de transporte como o VLT é enorme para a inovação e recuperação da mobilidade urbana recifense. Por ser um modal moderno e com fluxo mais rápido, é capaz de atrair a população para o transporte público, retirando cada vez mais os veículos particulares da rua e desafogando o trânsito na cidade.

Alguns exemplos de como integrar o sistema VLT nas vias da cidade são mostrados abaixo, de modo a fazer com que o modal conviva com veículos e pedestres de forma adequada e segura, segundo (CCR, 2012):

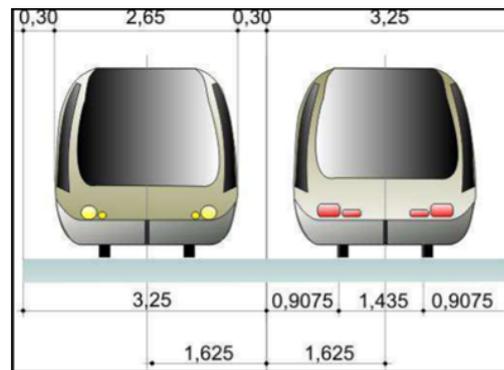
- Espaço necessário para implantação de acordo com largura do veículo:

Figura 42 – Veículos com 2,40 m de comprimento (para vias mais estreitas)



Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

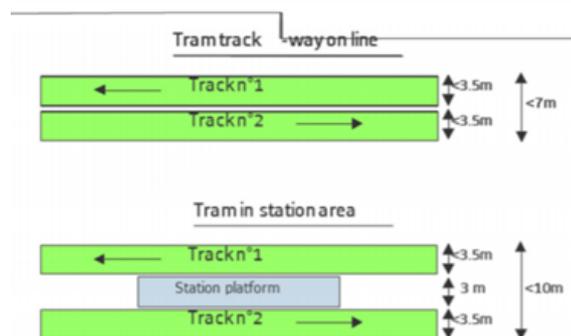
Figura 43 – Veículos com 2,65 m de comprimento (para vias mais largas)



Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

- Implantação na linha e na estação:

Figura 44 – Dimensões na linha e na estação



Fonte: Autor Desconhecido

- Implantação em leito gramado, que proporciona embelezamento da região, redução do nível de ruído, redução das ilhas de calor, impacto no controle da umidade e redução da poluição. (ANPTRILHOS, 2016)

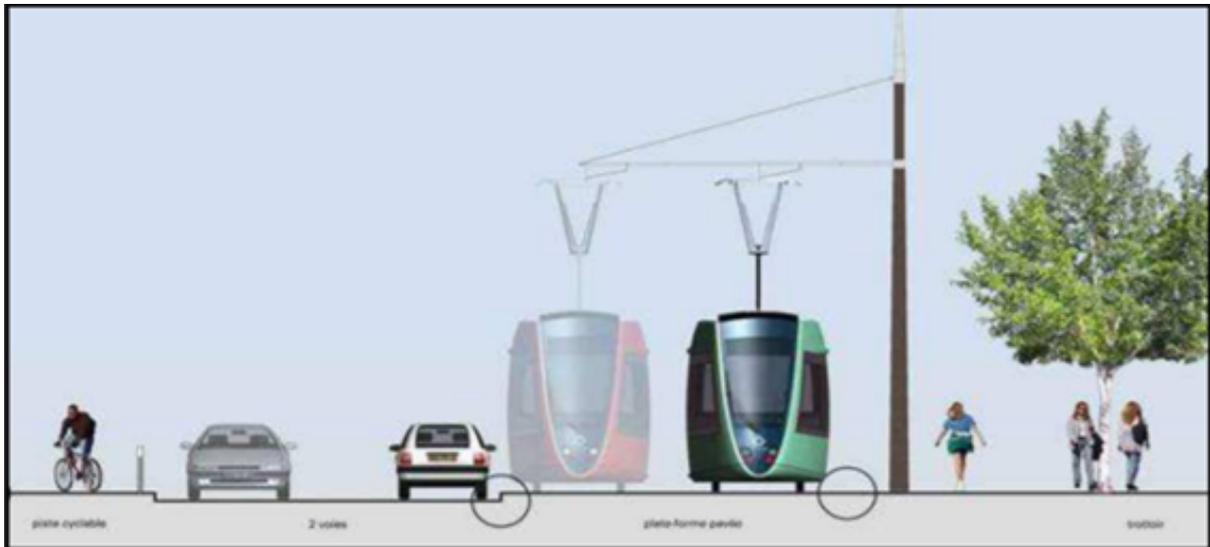
Figura 45 – Implantação em leito gramado



Fonte: <http://www.tramway.com.br/Veiculo%20Leve%20Sobre%20Trilhos%20V4.pdf>

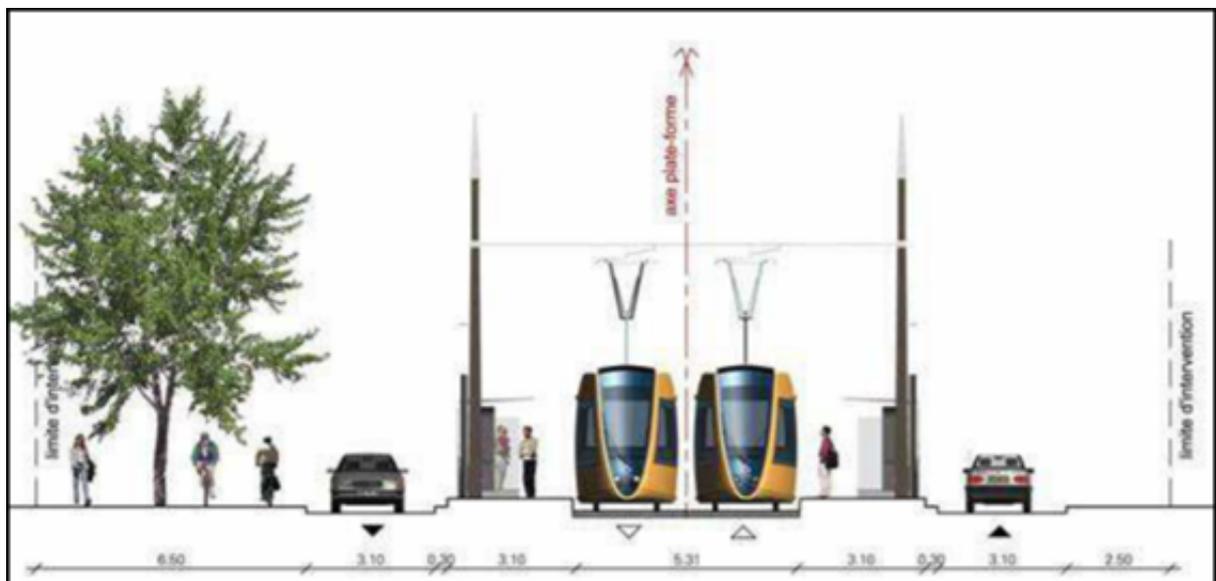
- Modelos de inserção do sistema apresentados pela (CCR, 2013):

Figura 46 – Modelo de implantação 1



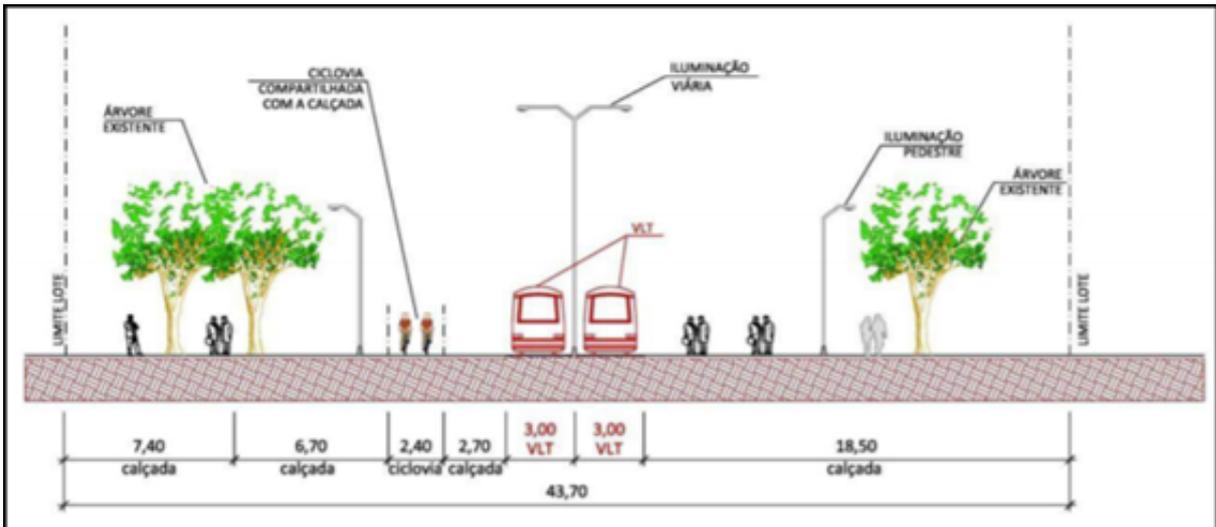
Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

Figura 47 – Modelo de implantação 2



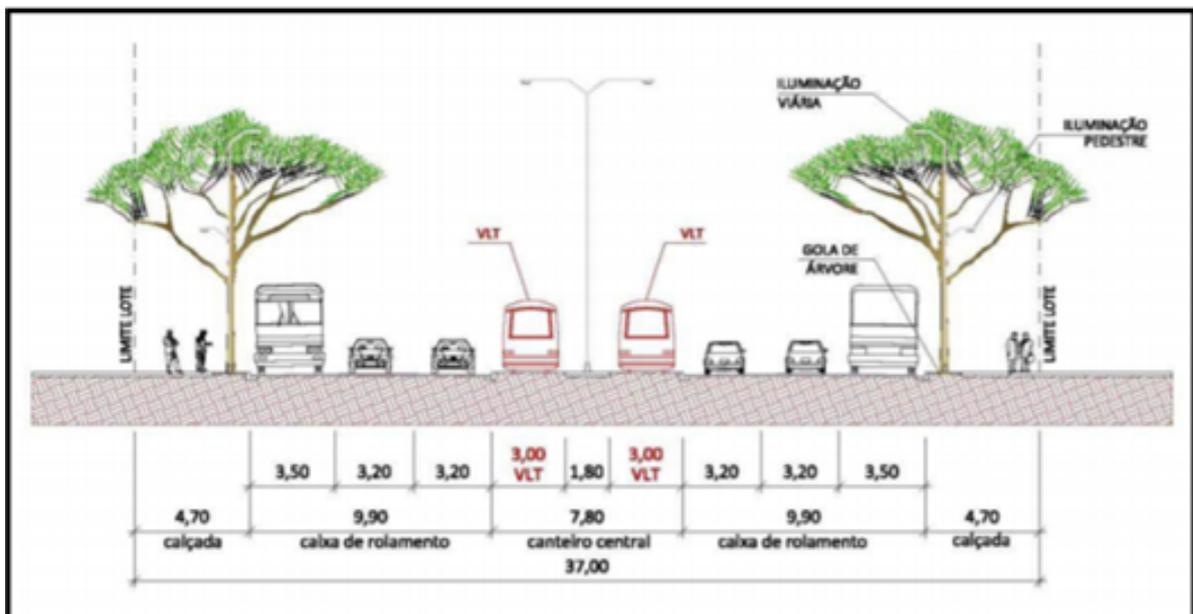
Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

Figura 48 – Modelo de implantação 3



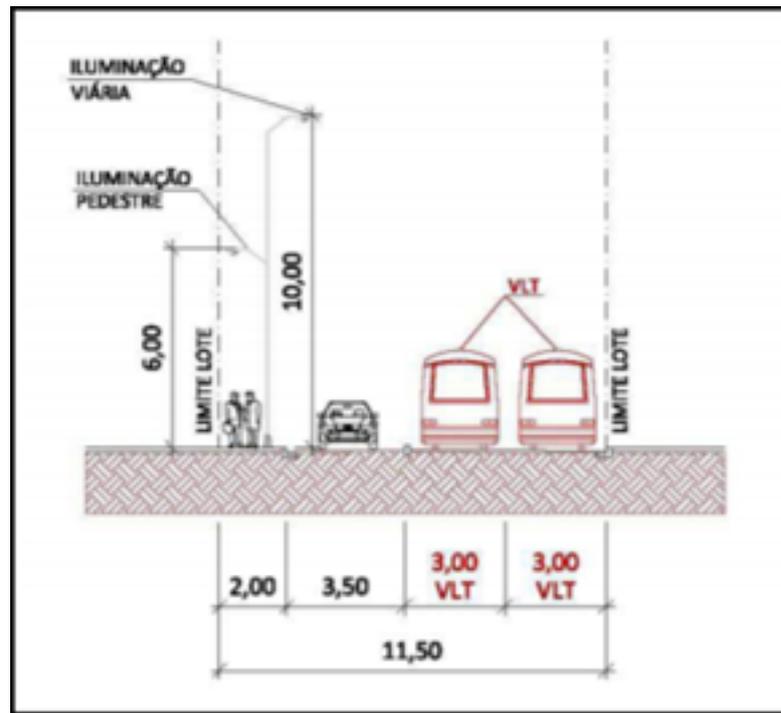
Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

Figura 49 – Modelo de implantação 4



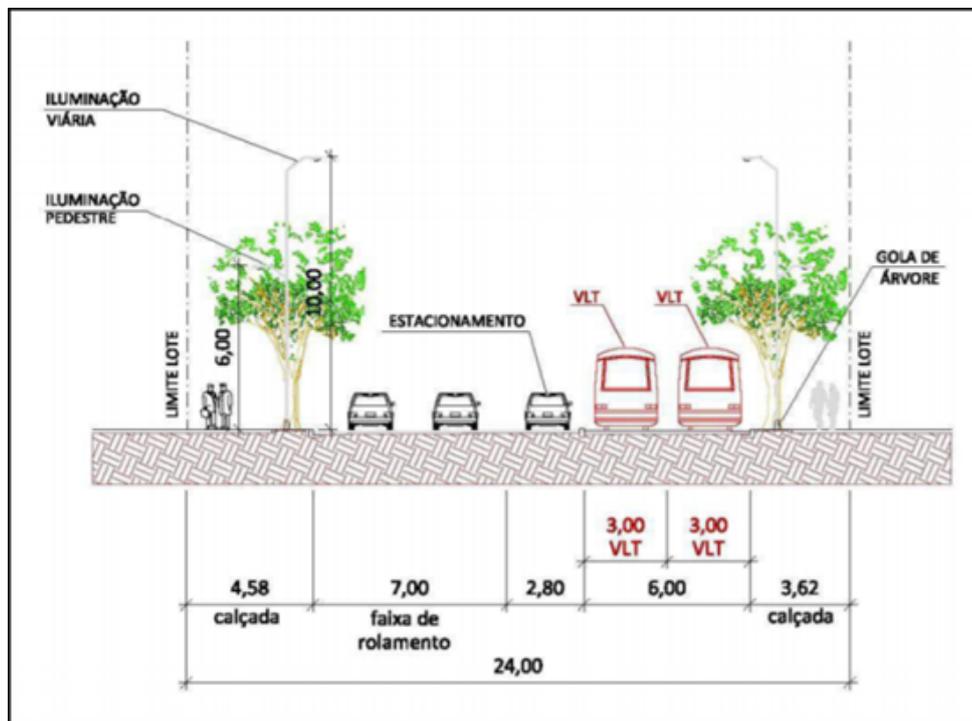
Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

Figura 50 – Modelo de implantação 5



Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

Figura 51 – Modelo de implantação 6



Fonte: http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf (2014)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mobilidade urbana da cidade do Recife e sua região metropolitana chegou a um ponto em que até mesmo pequenos deslocamentos tornaram-se inconvenientes. Investimentos na área são extremamente necessários, pois é essencial oferecer transporte público de qualidade para a população. Boa parte dos residentes sonha com uma rede metroviária ampla em Recife, no entanto, as condições para esse projeto não são adequadas.

O sistema VLT, no entanto, é outro modal ferroviário que se apresenta como uma boa alternativa para a cidade. Apesar de seu alto custo de implantação em relação a ônibus e BRT, promete um bom custo/benefício ao longo dos anos. Suas outras vantagens e suas características operacionais se mostram compatíveis com a carência que a região possui no momento.

Cidades de todo o mundo estão implantando ou planejando implantar VLTs em sua rede de transporte público, e o sistema vem sendo avaliado positivamente nesses locais. Seguindo exemplos de algumas dessas cidades e com os dados dos corredores que mais demandam transporte público no Recife, foi pensada uma malha que pudesse atender à grande parte da cidade.

As 9 linhas desenhadas para a malha abrangem os corredores necessários e também pontos de origem e destino populares. Um ponto importante foi a possibilidade de fazer integração com o metrô e ônibus e também de permitir trocas entre as linhas. Diversos modelos de implantação foram apresentados, mostrando como é possível integrar o VLT com os pedestres, ciclistas, veículos particulares e outros transportes públicos.

Apesar de tornar a implantação ainda mais cara, a nova tecnologia APS da Alstom se mostra apropriada e contribui para a preservação do espaço, como foi feito nos modelos Citadis do VLT do Rio de Janeiro.

Os bondes, precursores do VLT, já fizeram parte do cenário recifense, e a cidade demonstra ter capacidade para viver uma experiência ainda melhor com uma rede VLT. O sistema é moderno, bem sucedido e possui grande potencial de atrair passageiros para o uso do transporte público, diminuindo o uso dos carros particulares. Os resultados dessa diminuição são excelentes para a mobilidade urbana da RMR. Além disso, o sistema pode trazer para cidade uma opção de transporte de qualidade, sustentável, acessível e que proporcione ao Recife uma forma de crescer e melhorar, refletindo positivamente na condição de vida da população.

Referências

ALSTOM. *APS – Ground-level power supply*. 2016. Disponível em: <<http://www.alstom.com/pt/products-services/product-catalogue/rail-systems/Infrastructures/products/aps-ground-level-power-supply/>>.

ANPTRILHOS. *VLT - Mobilidade Sustentável*. [S.l.], s.d. Disponível em: <<http://anptrilhos.org.br/wp-content/uploads/2016/10/VLT-Mobilidade-Sustentavel.pdf>>.

BOMBARDIER. *FLEXITY Outlook – Brussels, Belgium*. s.d. Disponível em: <<http://www.bombardier.com/en/transportation/projects/project.flexity-brussels-belgium.html?f-region=all&f-country=fr&f-segment=all&f-name=all>>. Acesso em: 05/02/2017.

CBTU. s.d. Disponível em: <<http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/recife>>.

CCR. *ESTUDO PRELIMINAR E PROVISÓRIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS NA REGIÃO PORTUÁRIA E CENTRO DO RIO DE JANEIRO*. [S.l.], 2012. Disponível em: <http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/estudos/estudo_tecnico_preliminar_vlt_ccr.pdf>.

CDURP. *Projeto Funcional do VLT Porto Maravilha*. [S.l.], 2012.

CIVITADIS. *Tramway em Paris*. s.d. Disponível em: <<https://www.tudosobreparis.com/tramway>>. Acesso em: 23/01/2017.

DNIT. *Ferroviário - Histórico*. s.d. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>>.

GOBBI, L. D. *Urbanização brasileira*. s.d. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/geografia/assunto/urbanizacao/urbanizacao-brasileira.html>>. Acesso em: 12/12/2016.

GRCT. s.d.a. Disponível em: <<http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife>>.

GRCT. *BRT Via Livre*. s.d.b. Disponível em: <<http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/brt-via-livre>>.

IBGE. *Dados da Cidade do Recife*. s.d. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=261160>>.

LCC. *Luas Cross City*. 2014. Disponível em: <<http://www.luascrosscity.ie/#>>. Acesso em: 01/02/2017.

LOBO, R. *Budapeste ganha VLT mais longo do mundo*. 2016. Disponível em: <<http://viatrolebus.com.br/2016/04/budapeste-ganha-vlt-mais-longo-do-mundo/>>. Acesso em: 23/12/2016.

LOBO, R. *Cidade da Austrália desenvolve VLT movido por fontes solares*. 2017. Disponível em: <<http://viatrolebus.com.br/2017/01/capital-da-australia-desenvolve-vlt-movido-por-fontes-solares/>>. Acesso em: 01/02/2017.

- MENDES, C. P. *BONDES NO BRASIL Recife/Pernambuco*. 2011. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/bonden03.htm>>. Acesso em: 22/01/2017.
- PELIZZA, G. *Estudo Preliminar de Implantação do VLT no Cenário da Mobilidade Urbana na Região Metropolitana de Florianópolis*. 2014.
- PIRES, H. F. IMAGENS E HISTÓRIA NA INTERNET: OS BONDES, PATRIMÔNIO BRASILEIRO. In: . [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cHPires_imagens.pdf>.
- RODRIGUES, S. G. et al. VLT COMO ELEMENTO INOVADOR DO TRANSPORTE PÚBLICO BRASILEIRO. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_862_18698.pdf>.
- SIEMENS. *Trams and Light Rail*. s.d. Disponível em: <<http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/trams-and-light-rail/Pages/trams-and-light-rail.aspx>>. Acesso em: 05/02/2017.
- TRANSDEV. *LUAS Dublin*. s.d. Disponível em: <<https://www.luas.ie/more-information/>>.
- TRANSPONLINE. *Dubai inaugura sistema VLT mais sofisticado do mundo*. 2014. Disponível em: <<http://transponline.com.br/dubai-inaugura-sistema-vlt-mais-sofisticado-mundo/>>.
- VASCONCELOS, R. *Pontos que não se conectam*. 2015. Disponível em: <http://www.impresso.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/cadernos/vida-urbana/2015/08/13/interna_vidaurbana,124360/pontos-que-nao-se-conectam.shtml>. Acesso em: 23/12/2016.
- VERAS, P. *O desafio da mobilidade na pauta dos candidatos à Prefeitura do Recife*. 2016. Disponível em: <<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/politica/pernambuco/noticia/2016/09/21/o-desafio-da-mobilidade-na-pauta-dos-candidatos-a-prefeitura-do-recife-253679.php>>. Acesso em: 02/02/2017.
- VILLELA, S. *Mobilidade é um dos desafios do próximo prefeito do Recife*. 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2016-09/mobilidade-e-um-dos-desafios-do-proximo-prefeito-do-recife>>. Acesso em: 22/01/2017.
- VUOLO, V. A força do VLT. *Muvuca Popular*, Junho 2016. Disponível em: <<http://muvucapopular.com.br/noticias/artigos/87399-foraa-do-vlt.html>>.