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

JULIANA CAMBOIM PITTA

ESPECIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRANSPORTES URBANOS PARA OS PRINCIPAIS CORREDORES DE TRANSPORTES COLETIVOS DA CIDADE DO RECIFE

RECIFE

2017

JULIANA CAMBOIM PITTA

ESPECIFICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRANSPORTES URBANOS PARA OS PRINCIPAIS CORREDORES DE TRANSPORTES COLETIVOS DA CIDADE DO RECIFE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Fernando Jordão de Vasconcelos

RECIFE

2017

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

P688e Pitta, Juliana Camboim.
Especificação de tecnologias de transportes urbanos para os principais corredores de transportes coletivos da cidade do Recife. / Juliana Camboim Pitta. - 2017.
63folhas, Ils.; Tab. e Simb.

Orientador: Prof.º Dr.ºFernando Jordão de Vasconcelos.

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

1. Engenharia Civil. 2. Mobilidade urbana. 3. Recife. 4. Viabilidade. 5.Transporte coletivo. 6. Sustentabilidade. I. Vasconcelos, Fernando Jordão de II. Título

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2017-190

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 – Juliana Camboim Pitta

BANCA EXAMINADORA:
Orientador: Fernando Jordão de Vasconcelos
Examinador 1: Maurício Renato Pina Moreira
Examinador 2: Maurício Oliveira de Andrade

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Especificação de tecnologias de transportes urbanos para os principais corredores de transportes coletivos da cidade do Recife

LOCAL: Recife
DATA: 18/05/2017 HORÁRIO DE INÍCIO: 17h.

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: 9,9 (deixar 'Exame Final', quando for o caso).
1) (X) aprovado(s) (nota > = 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 = < 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, 18 de maio de 2017

Orientador: .....

Avaliador 1: .....

Avaliador 2: .....

Candidato 1: .....

AGRADECIMENTOS

À minha família, Ana Lúcia, Humberto e Diogo, por nunca medirem esforços para me ajudar a realizar os meus sonhos e por me apoiarem em todos os momentos e decisões.

Aos meus amigos e ao meu namorado, pela paciência, pelo apoio e pelo companheirismo.

Ao meu orientador, Fernando Jordão, por todo o apoio para a realização deste trabalho, pela orientação, pela compreensão, pela ajuda, e por todo o incentivo na minha procura por mestrados, sem você nada disso seria possível.

Aos meus professores, por todo conhecimento e paciência.

Aos meus companheiros de graduação, por compartilharem tantos momentos e conhecimentos comigo.

À École des Ingénieurs de la Ville de Paris, universidade que me acolheu durante um ano e que me incentivou a desenvolver este projeto.

À cidade de Paris, por ter sido minha casa durante meu intercâmbio, por ter me inspirado a ser uma pessoa e profissional melhor.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente na minha jornada até aqui.

RESUMO

A cidade do Recife sofre cada dia mais com mais problemas ligados à mobilidade urbana, devido ao fato das suas vias já operarem há anos nos seus limites de capacidade. Este trabalho visa realizar um estudo para indicar qual tecnologia deveria ser implantada em corredores chaves da cidade nos dias de hoje, para suprir as demandas diárias de passageiros com comodidade e segurança. A metodologia empregada para realização deste trabalho consiste na apresentação das características e exigências de cada sistema e, junto com dados de demanda dos principais corredores foram definidos os sistemas para cada corredor da cidade. Foi definido um total de 18,6 km de linhas de metrô e 30,8 km de Tramway. A partir deste estudo é possível comparar e verificar a incapacidade do atual sistema de transporte que atua na cidade de cumprir seu objetivo que é transportar a população com qualidade e segurança todos os dias.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Recife. Viabilidade. Urbanização. Transporte coletivo. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The city of Recife suffers each day more with problems connected to urban mobility, due to the fact that its routes have been operation for years in their limit. The purpose of this paper is to present the best technology that should be implemented in the city's principal's corridors in order to meet the daily demands of passengers with comfort and safety. The methodology used in this study consists in the presentation of the main characteristics and requirements of each system and, together with the demand of each corridor, decide the best system for each corridor of the city of Recife. It was defined the total of 18,6 km of Metro lines and 30,8 km of Tramway lines. As a conclusion, it is possible to compare and verify the incapacity of the current transportation system that operates in the city to fulfill its objective which is to transport the population with quality and safety every day.

Keywords: Urban mobility. Recife. Viability. Urbanization. Public transport. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Região Metropolitana do Recife 16
Figura 2 - Distribuição Demográfica do Recife 17
Figura 3 - IDHM da RMR 18
Figura 4 - Empregos por Microrregião 19
Figura 5 - Distância do centro da cidade 20
Figura 6 - Deslocamentos intermunicipais para trabalho e estudo 20
Figura 7 - Mapa esquemático do SEI 22
Figura 8 - Linhas de metrô da RMR 24
Figura 9 - Mapa das linhas de metrô da RMR 25
Figura 10 - Corredor Norte/Sul do BRT 26
Figura 11 - Corredor Leste/Oeste do BRT 27
Figura 12 - Corredores à serem estudados 29
Figura 13 - Trolley Bus em Lyon, França 32
Figura 14 - Metrô automático, França 35
Figura 15 - Metrô em Paris, França 36
Figura 16 - Metrô metropolitano com 2 andares 36
Figura 17 - Tramway nos anos 20 em Recife/Olinda 37
Figura 18 - Atual Tramway da SNCF (França) 39
Figura 19 - Tramway de Bordeaux 40
Figura 20 - Visão do condutor de um Tramway 41
Figura 21 - Tramway sobre pneus 42
Figura 22 - Traçado da linha de metrô da Av. Gov. Agamenon Magalhães 46
Figura 23 - Traçado da linha de Tramway da Av. Caxangá 51
Figura 24 - Traçado da linha de Tramway da Rua Real da Torre / Estrada dos Remédios 53
Figura 25 - Traçado da linha de Tramway da Av. Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa 54
Figura 26 - Traçado da linha de metrô da Av. Norte 55
Figura 27 - Traçado da linha de Tramway da Av. Cruz Cabugá 57
Figura 28 - Mapa dos corredores dez corredores com solução final 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demanda dos corredores principais para o mês de OUT/2016 29
Tabela 2 - Demanda diária dos corredores principais para o mês de OUT/2016 30
Tabela 3 - Demanda máxima no horário de pico por sentido 31
Tabela 4 - Diferença entre ônibus e Trolley Bus 33
Tabela 5 - Características de um Tramway moderno 42
Tabela 6 - Quadro resumo 43
Tabela 7 - Quadro resumo das tecnologias adotadas nos dez corredores 57

LISTA DE SÍMBOLOS

Av. – Avenida

BRS – Bus Rapid Service

BRT – Bus Rapid Transit

CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

CTTU – Companhia de Trânsito e Transporte Urbano

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos

GPS – Global Positioning System

GRCT – Grande Recife Consórcio de Transporte

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDMH – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do Brasil

Km – Quilômetro

PIB – Produto interno bruto

RMR – Região Metropolitana do Recife

SEI – Sistema Estrutural Integrado

SNCF – Société Nationale des Chemins de fer Français

STCP – Sistema de Transporte Complementar de Passageiros do Recife

STPP – Sistema de Transporte Público de Passageiros

STPST-RMR – Sistema de Transporte de Passageiros sobre Trilhos da Região Metropolitana do Recife

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UPA – Unidade de Pronto Atendimento

VLT – Veículo leve sobre trilhos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 Justificativa e motivação 13

1.2 Objetivos gerais e específicos 14

2 REFERENCIAL TEÓRICO 15

2.1 Contexto do sistema atual 16

2.1.1 Análise sócio-econômica 16

2.1.2 Análise da oferta de transporte atual 21

2.1.2.1 Ônibus 21

2.1.2.2 Metrô 23

2.1.2.3 BRT 25

3 METODOLOGIA 28

3.1 Análise da demanda de transporte atual (principais corredores) 28

3.2 Estudo comparativo dos diferentes sistemas de transporte desejados 32

3.2.1 Sistemas Rodoviários 32

3.2.1.1 Ônibus 32

3.2.1.2 Trolleybus 32

3.2.1.3 BRT 33

3.2.2 Sistemas Ferroviários 34

3.2.2.1 Metrô 34

3.2.2.1.1 Metrô automático 34

3.2.2.1.2 Metrô clássico 35

3.2.2.1.3 Metrô metropolitano 36

3.2.2.2 Tramway 37

3.2.2.2.1 Alimentação pelo solo 39

3.2.2.2.2 Tramway à bateria 40

3.2.2.2.3 Tramway sobre pneus 40

3.2.3 Comparação dos sistemas 42

3.3 Estudo da tecnologia a ser adotada nos corredores 44

3.3.1 Avenida Governador Agamenon Magalhães 44

3.3.2 Avenida Marechal Mascarenhas de Morais 46

3.3.3 Avenida Doutor José Rufino/ Rua São Miguel 47

3.3.4 Avenida Recife 48

3.3.5 Avenida Abdias de Carvalho - BR-232 48

3.3.6 Avenida Caxangá 49

3.3.7 Rua Real da Torre - Rua João Ivo da Silva / Estrada dos Remédios 52

3.3.8 Avenida Conselheiro Rosa e Silva - Avenida Rui Barbosa 53
3.3.9 Avenida Norte Miguel de Arraes de Alencar..... 54
3.3.10 Avenida Cruz Cabugá 56
3.4 Considerações finais..... 57
4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 58
REFERÊNCIAS..... 60

1 INTRODUÇÃO

O transporte é essencial para o bem-estar social e econômico da população, tem estrita relação com o desenvolvimento econômico das cidades, principalmente em países em desenvolvimento.

O rápido processo de expansão urbana gera mudanças nos transportes, em particular nos padrões de viagens, tais como o aumento das viagens motorizadas e das distâncias percorridas. O transporte decorre da necessidade de ir à escola, ao trabalho, ao lazer, de se adquirir um produto, ou por outro motivo qualquer.

Essas necessidades ocorrem a milhares de pessoas todos os dias tanto nos centros urbanos quanto na zona rural. Nas cidades, principalmente nos grandes centros, podemos perceber o impacto em seu cotidiano devido à demanda diária gerada pela necessidade da grande maioria de sua população pelo uso de suas infraestruturas no setor de transportes.

Desde o fim da Segunda Grande Guerra estudos sobre transporte urbano têm sido conduzidos de uma maneira cada vez mais detalhada. Melhorias significativas, tanto em estudos básicos de filosofias quanto em análises metodológicas, têm contribuído enormemente para um melhor entendimento do problema do transporte urbano.

Considera-se que atualmente padrões de tráfego urbano são funções de: tipo e extensão de infraestrutura de transportes disponíveis na área; padrão de uso do solo na área, incluindo a localização e intensidade do uso; e, as características econômicas e sociais da população da área urbana.

As cidades brasileiras, nas últimas décadas, passaram por processos de crescimento intensos, ligados à dinamização das atividades econômicas e às migrações populacionais. Associado a isto, sofreram outros impactos, como a reconstrução física e adaptações do sistema viário, quase sempre justificadas como alternativas capazes de proporcionar uma redistribuição de acessibilidade, entendida neste contexto como a capacidade de movimentação entre pontos de origem e destino. O que ocorreu de fato é que o automóvel acabou modelando as cidades deste século, reformulando a noção de espaço e distância, além de modificar os hábitos das pessoas.

As maiores cidades do Brasil, tal como ocorre com muitos outros países em desenvolvimento, foram transformadas, em décadas recentes, em espaços eficientes para o automóvel.

A irrefreável tendência no uso do automóvel acabou modificando toda uma distribuição modal, com consequências seríssimas, determinando a desmobilização e deterioração dos transportes públicos, os quais chegaram a déficits comprometedores da viabilidade.

A atual crise do modelo urbano brasileiro e as alterações políticas, econômicas e sociais em escala mundial pedem novos esforços de organização do desenvolvimento das cidades, do transporte público e do trânsito. Problemas como o congestionamento crônico, redução no uso do transporte público, queda na mobilidade e acessibilidade, degradação do meio ambiente, altas taxas de acidentes de trânsito estão presentes nos cenários de muitas cidades brasileiras. Além disso, os custos do inadequado modelo de transporte urbano são socialmente inaceitáveis e constituem obstáculo estratégico significativo, e sua permanência é incompatível com uma melhor qualidade de vida.

Associada a estes problemas existe a crescente taxa de urbanização das cidades brasileiras, atingindo índices de países desenvolvidos, quase sempre acima de 70%. Este aumento na urbanização das cidades, não só brasileiras como do resto do "mundo em desenvolvimento", nas últimas duas ou três décadas, em grande parte, tem sido resultado de migrações das áreas rurais.

Nesse sentido o nosso trabalho visa estudar as demandas dos principais corredores de transporte coletivo da cidade do Recife e especificar os modos (infraestrutura e veículo) adequados, pretende contribuir com o sistema de mobilidade como um todo, onde quem ganha é a sociedade.

1.1 Justificativa e motivação

O tema da mobilidade urbana é um grande desafio para a engenharia dos transportes. O desenvolvimento das cidades tem sido afetado pelos inadequados sistemas de transportes. Além do mais, os sistemas tornaram-se obsoletos não só pela falta de investimentos visando a modernização dos modos existentes, mas também por ocorrência de fenômenos sociais tipo a urbanização caracterizado pelo deslocamento da população rural para as cidades, em busca de serviços e empregos que lhes assegure qualidade de vida. Ou até mesmo da migração interna, procurando acomodar situações como morar perto do local de trabalho, ou mesmo morar em locais de baixa densidade como forma de usufruir melhor qualidade de vida.

Esses movimentos têm provocado perturbação nos sistemas de transportes coletivos muitas vezes implantados quando a população era muito menor e as necessidades de

deslocamento tinham menores patamares e a até mesmo a capacidade dos investimentos eram menores ou até mesmo as alternativas de modos de transportes eram inexistentes ou incipientes.

Ao cursar a disciplina de transportes urbanos no curso de engenharia na École des Ingénieurs de la Ville de Paris me dei conta de que os ensinamentos ali adquiridos podiam muito bem ser aplicados ao estudo que resultasse na especificação de modos de transportes coletivos que considerasse a nova realidade das demandas dos diversos corredores de transportes do Recife.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral a ser perseguido é identificar o modo de transporte (infraestrutura, veículo e sistema operacional) mais adequado para atendimento da demanda (pax/dia) dos principais corredores a partir da consideração de diversos fatores de escolhas que serão definidos, priorizando a capacidade e as características técnicas e operacionais.

Como objetivo específico: identificar os principais corredores de transportes coletivos do Recife, hierarquizá-los e especificar técnica e operacionalmente o sistema mais adequado de acordo com as premissas estabelecidas.

E finalmente montar uma rede de transportes coletivos urbanos que assegure a maior cobertura quanto aos índices mobilidade para a cidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Planejamento de Transportes tem como um de seus objetivos estimar o padrão dos fluxos (viagens de pessoas e veículos) num determinado horizonte, a fim de avaliar alternativas de investimento nos sistemas dos transportes públicos utilizados numa cidade ou região metropolitana, de forma não só a atender a evolução da demanda, mas sobretudo modernizar o sistema, superando os gargalos e provendo as melhores condições para uma expansão urbana.

A previsão futura da demanda é o elemento crucial para a maioria dos estudos de planejamento de transportes. Devido aos sistemas e mecanismos envolvidos, a previsão é um processo dinâmico, necessitando de permanente revisão, correção de rumo, exigindo, portanto um repensar constante.

De acordo com a abrangência do plano de ação no sistema de transporte, existe a necessidade de coleta de informações através de pesquisas na via, no sistema, em domicílios e com o usuário ou com a comunidade. Esta coleta de informações é que dá suporte aos modelos de previsão de demanda segundo os objetivos dos mesmos e os prazos de execução. Normalmente são processos de alto custo e demorados.

O mais tradicional desses processos é o denominado Modelo das 4 Etapas ou dos 4 degraus. Neste modelo, os dados de um determinado ano-base, inclusive variáveis socioeconômicas da população como também todo um inventário dos sistemas de transportes, são utilizados para estimar o número total de produção e atração de viagens em cada zona da área em estudo. Esta é a primeira etapa e chama-se de geração de viagens.

Em seguida, vem a segunda etapa, denominada de distribuição de viagens, que consiste na distribuição das viagens para todos os destinos, gerando uma matriz futura de viagens (Matriz O/D), demarcando assim as linhas de desejos da mobilidade e acessibilidade.

O próximo passo envolve a escolha do modo de transporte, etapa conhecida por divisão modal, que consiste na repartição das viagens em matrizes para os diferentes modais, que pressupõe uma racionalidade ao buscar o equilíbrio da oferta de produção de cada modo de transporte com a demanda detectada e projetada no futuro.

Por último a quarta etapa, denominada de alocação das viagens de cada modal na rede viária se obtendo os volumes de veículos nas vias e número de passageiros no transporte coletivo. Essa etapa seria o dimensionamento técnico e operacional dos modos de transportes

Em síntese, este modelo clássico é representado como uma sequência de quatro submodelos: geração e distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego.

Para se atingir o objetivo do trabalho será considerado apenas os dados obtidos para a quarta e última etapa desse processo de planejamento de transporte urbano mediante coleta de dados no órgão gestor do sistema e consideração de critérios para alocação de modos de transportes com melhor eficiência social, econômica e ambiental.

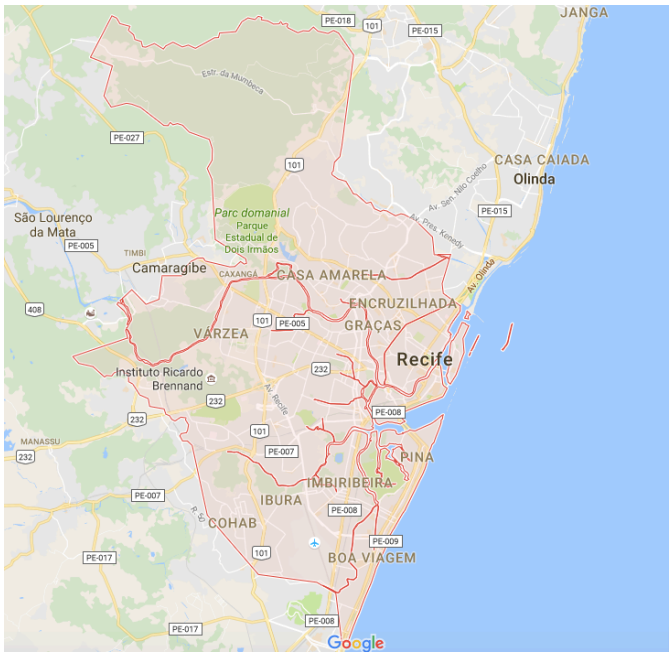
2.1 Contexto do sistema atual

2.1.1 Análise sócio-econômica

A cidade base do estudo é a região metropolitana de Recife, colocada entre as 10 maiores cidades do Brasil é a capital do estado de Pernambuco. O estado de Pernambuco abriga o maior parque tecnológico do Brasil e o maior estaleiro do Hemisfério Sul. A população da cidade do Recife estimada pelo IBGE em 2016 é de 1.625.583 pessoas, em uma área de 218km^2, a sua densidade demográfica (2010) de 7.040 hab/km^2.

Para suprir as necessidades de deslocamento da população, a cidade do Recife possui três meios de transporte: ônibus, metrô e BRT, sendo ônibus o meio principal.

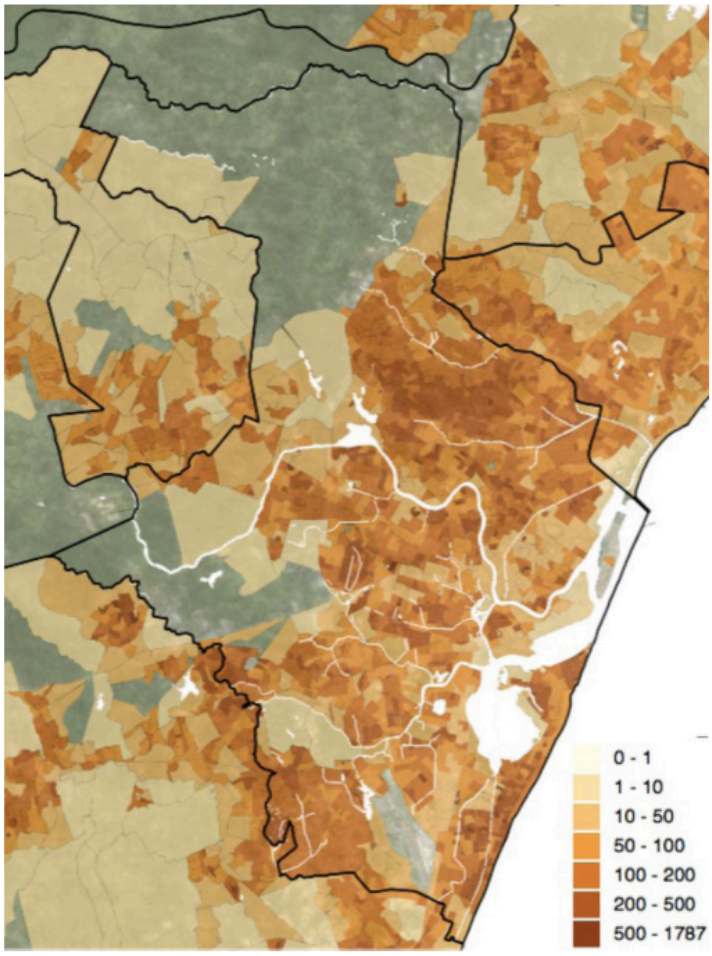
Figura 1 - Região Metropolitana do Recife



Fonte: Google Maps

A distribuição demográfica da cidade não é homogênea, na figura abaixo é possível analisar esta distribuição:

Figura 2 - Distribuição Demográfica do Recife



Fonte: IBGE (2010)

A partir deste mapa pode ser observado um grande vazio populacional na região central, resultado de um processo de esvaziamento do centro e de concentração de usos, como será visto mais adiante uma zona majoritariamente de atração comercial, onde estão localizados os empregos.

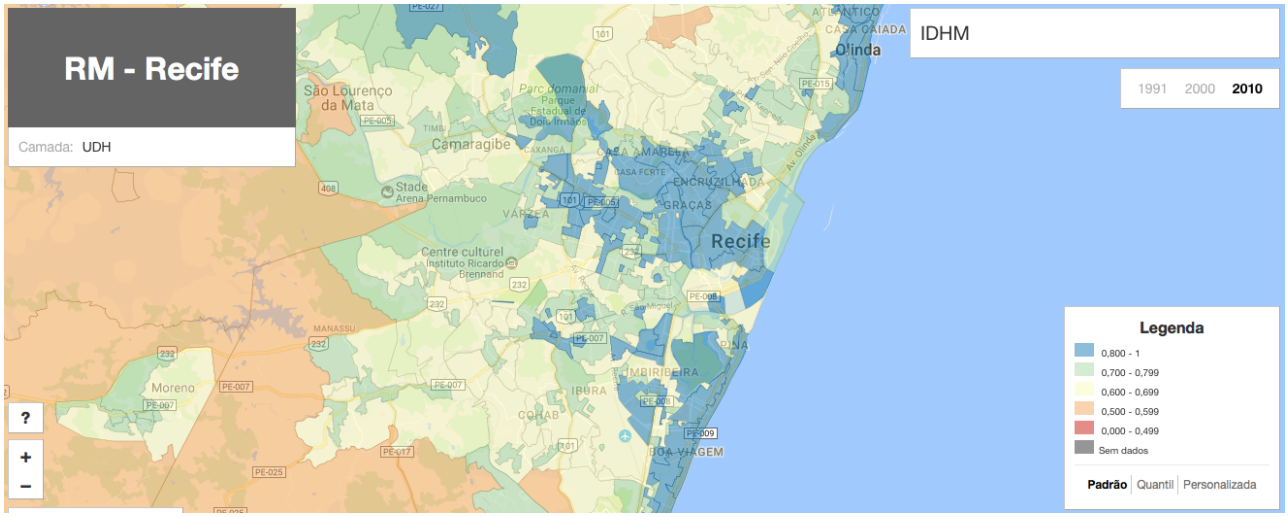
Historicamente a cidade do Recife se localizou e foi crescendo às margens do Rio Capibaribe e se espalhando ao longo da planície até atingir as áreas de morros, áreas onde atualmente têm grandes concentrações populacionais e um baixo rendimento médio mensal.

Recife possui o maior PIB per capita do Norte-Nordeste, porém a distribuição de renda é muito desigual, sendo um fator importante a ser analisado pois o transporte público é utilizado majoritariamente pela população de baixa renda para se locomover para suas

atividades de trabalho e para as atividades de lazer. Grupos com rendas mensais mais elevados têm a tendência de se locomover com automóveis.

Segundo o relatório Atlas Brasil de 2010 o IDHM da capital Pernambucana é 0,772, o que situa o município na faixa de Desenvolvimento Humano Alto. Entretanto, dentro do município as desigualdades entre IDHM de bairros da região caracterizam a desigualdade social, conforme apresentado na figura abaixo:

Figura 3 - IDHM da RMR

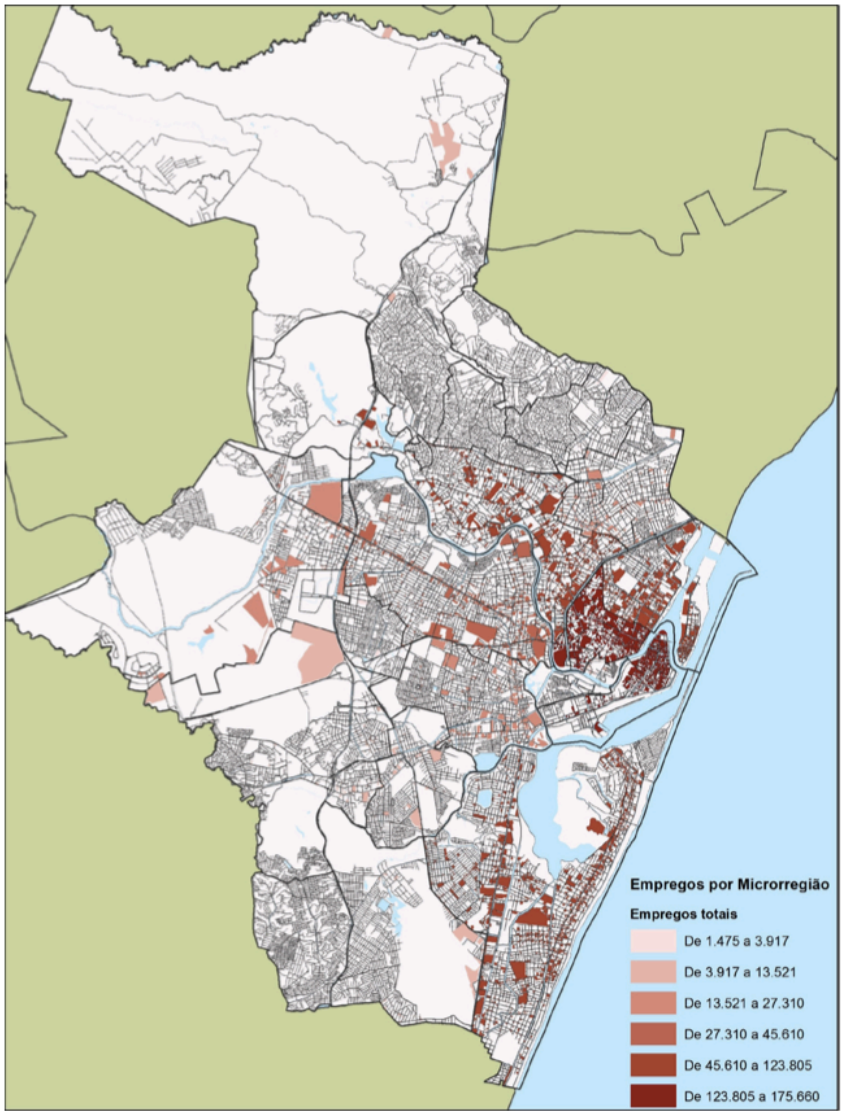


Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil (2010)

Para analisar o transporte urbano do município é indispensável observar onde estão distribuídas as maiores ofertas de postos de trabalho na cidade e as áreas de habitação. A partir de dados do DIEESE sobre distribuição de empregos formais no Recife e sua concentração a partir de microrregiões é possível concluir onde ficam maiores locais de atração.

A conclusão desta análise pode ser vista no estudo do Diagnóstico de Mobilidade Urbana - Recife (2016, p.12) onde se conclui que as maiores ofertas de trabalho acontecem na área central do Recife, estendendo-se ao longo dos eixos viários na direção Oeste e Sul, formando os corredores de comércio e de serviço.

Figura 4 - Empregos por Microrregião



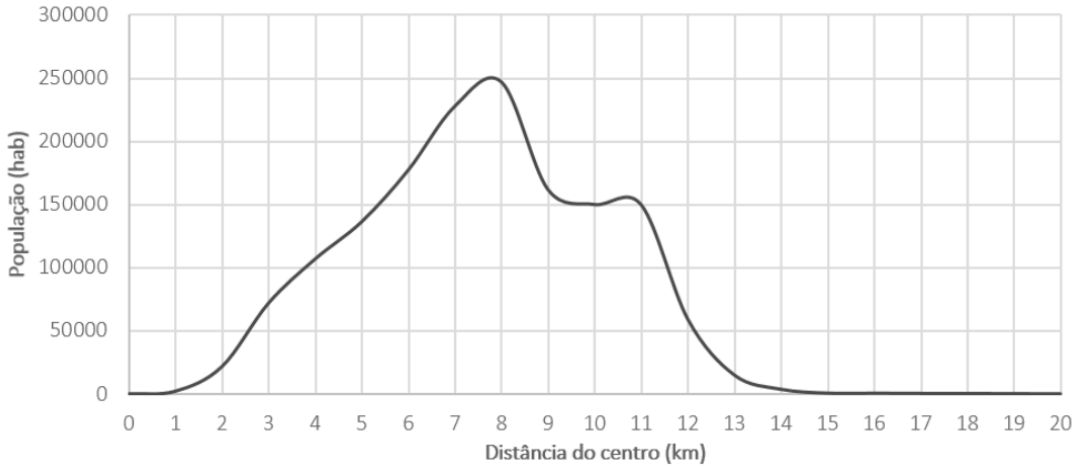
Fonte: Diagnóstico da Mobilidade Urbana: Recife (2016)

A configuração dos postos de trabalho *versus* locais de residência é de vital importância para o estudo da mobilidade urbana, pois esta distribuição é determinante para a dinâmica de viagens, já que estes são os responsáveis por atração de viagens diárias realizadas em uma cidade. A interligação destes dados com a renda da população de cada zona é também relevante pois é o que vai definir a escolha final do meio de transporte que será utilizado. A partir destes dados é possível determinar os pares de geração e atração de viagens diárias.

Como conclusão, é possível observar que com esse "esvaziamento da região central" da cidade do Recife teve como consequência um espalhamento de bairros de baixa renda e um grande aumento da população nas periferias da cidade, distanciando ainda mais estas mesmas

pessoas das oportunidades de emprego. Este fenômeno resulta em uma sobrecarga dos sistemas de transporte e também eventuais problemas de segurança que são decorrentes deste esvaziamento populacional das áreas centrais em certos horários, como por exemplo, durante o período da noite. (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2016)

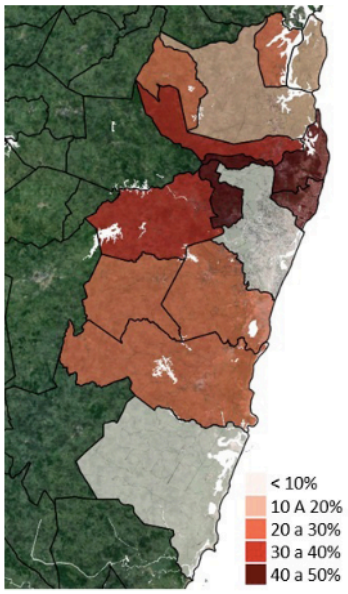
Figura 5 - Distância do centro da cidade



Fonte: Diagnóstico da Mobilidade Urbana: Recife (2016)

O quadro resumo abaixo mostra o quão significantes são os deslocamentos dentro da cidade do Recife, pois uma grande parte da população do RMR mesmo não habitando na cidade trabalha nela e como consequência corresponde a um grande volume de viagens do transporte público.

Figura 6 - Deslocamentos intermunicipais para trabalho e estudo



Região Metropolitana do Recife
27% das pessoas trabalham e estudam em outro município

Grande movimento de entrada de pessoas pela manhã e saída ao fim da tarde

Cidade	Trabalham e estudam fora
Abreu e Lima	36%
Araçoiaba	23%
Cabo de Santo Agostinho	24%
Camaragibe	50%
Igarassu	20%
Ipojuca	6%
Ilha de Itamaracá	11%
Itapissuma	23%
Jaboatão dos Guararapes	29%
Moreno	29%
Olinda	43%
Paulista	48%
Recife	8%
São Lourenço da Mata	34%

Fonte: Diagnóstico da Mobilidade Urbana: Recife (2016)

2.1.2 Análise da oferta de transporte atual

O transporte coletivo na RMR é composto basicamente pelo sistema rodoviário, responsável pelo transporte da maior parte da população, e pelo sistema ferroviário. Segundo o Diagnóstico do Plano de Mobilidade do Recife (2010), o Serviço de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife é composto, predominantemente, pelos sistemas:

- Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP):
- Sistema de Transporte Complementar de Passageiros (STCP)
- Sistema de Transporte de Passageiros sobre Trilhos da Região Metropolitana do Recife (STPST-RMR).

2.1.2.1 Ônibus

Em 1984 foi prevista a implantação gradativa em Recife do modelo SEI que corresponde a uma rede de transporte público composta de corredores radiais (direção ao centro) e perimetrais (cortando os corredores radiais) e foi previsto em cada intersecção destes eixos os chamados terminais de integração, que permite a troca de linha, facilita o translado dos passageiros, e com a vantagem do pagamento de uma tarifa única. O sistema de ônibus na cidade do Recife (STPP) é gerido pelo Grande Recife Consórcio de Transporte (GRCT).

Este sistema é operado com 10 empresas que são responsáveis por 185 linhas das quais 123 alimentadoras, 3 perimetrais, 24 troncais, 18 interterminais, 6 transversais e 11 circulares. Cada tipo de linha têm uma cor correspondente para facilitar a identificação: ônibus amarelos são os alimentadores, vermelhos são os perimetrais, azul os radiais, verde os interterminais e brancos os circulares. (GRANDE RECIFE, 2017)

Figura 7 - Mapa esquemático do SEI

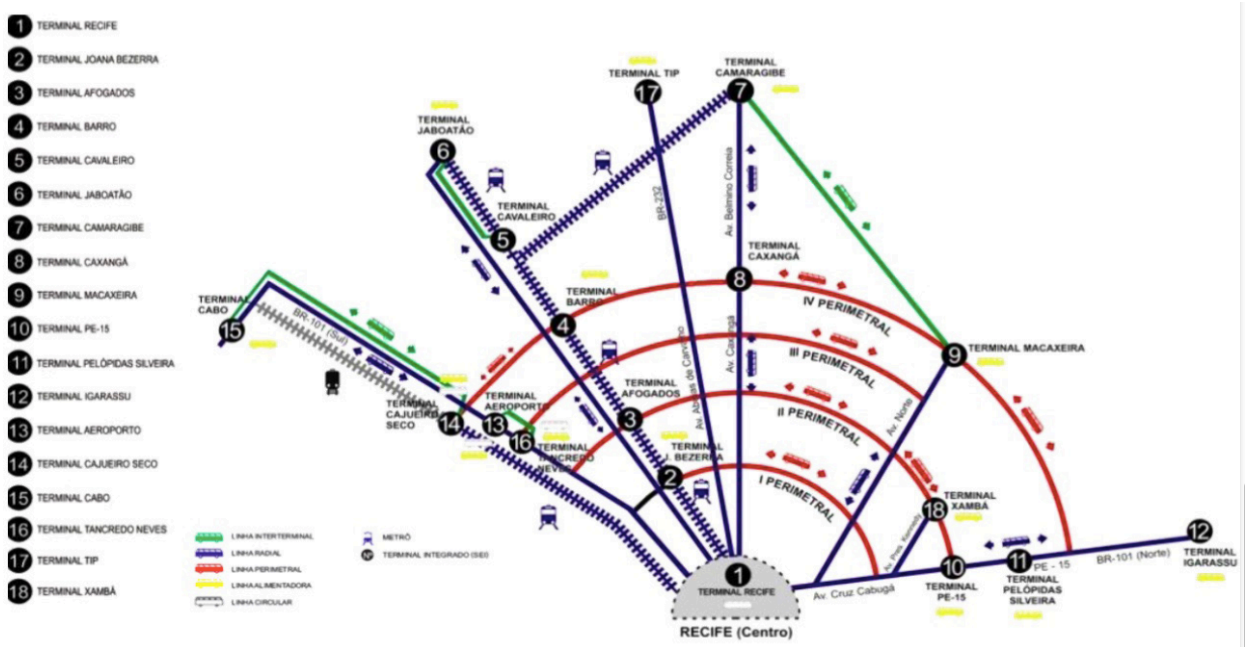


Figura 10 Esquema do STPP/RMR
Fonte: PDTU/2008.

Fonte: Grande Recife Consórcio de Transportes (2013)

Apesar dos investimentos feitos nos terminais e nas linhas nos últimos anos, esse sistema ainda está longe de ser o ideal. Vítima de reclamações constantes dos usuários que todos os dias sofrem com a superlotação dos terminais e dos ônibus, o grande tempo de viagem, e sem melhoras no sistema, o preço da passagem sofre aumento constante a cada ano. Como agravante, nestes últimos anos a falta de segurança tem sido um problema também enfrentado pelos passageiros, em apenas dois meses do ano de 2017 já ocorreram mais de 500 assaltos a ônibus na RMR, uma média de mais de 11 assaltos a ônibus por dia (JC ONLINE, 2017).

Como forma de complementar o transporte em bairros que se encontram em áreas de difícil acesso foi criado o STCP em novembro de 2003 como forma de substituir o transporte clandestino de passageiros que operava na cidade. Este serviço é gerenciado pela CTTU da Prefeitura do Recife, beneficia um total de 69 bairros de comunidades do Recife e se divide em dois tipos de linhas: linhas alimentadoras e linhas interbairros. As primeiras transportam gratuitamente os passageiros que habitam em áreas de difícil acesso até locais onde circulam o transporte público de passageiros. As segundas têm objetivo de facilitar o deslocamento de pessoas entre os subúrbios da cidade, sem passar pelo centro do Recife. (PREFEITURA DO RECIFE, 2017).

Como uma forma de melhorar o tempo médio de viagem dos ônibus, começou a ser implantando nos últimos três anos o sistema BRS, que consiste na separação de uma ou duas faixas para rolamento exclusivo de ônibus em vias já existentes. A faixa é apenas delimitada por uma pintura no solo e os motoristas que não respeitarem a exclusividade da faixa podem ser multados. A multa aplicada é de R$ 191,54 e é considerada uma infração gravíssima. Diversos corredores importantes para a cidade já possuem esse sistema, os valores da redução do tempo de viagem de certas linhas de ônibus variam, mas a maioria fica no intervalo de 25% a 50%.

2.1.2.2 Metrô

Inaugurado em 1985 como uma solução para melhorar o sistema de transporte público da época o então chamado "METROREC" foi desenvolvido, ligando o centro da cidade ao município de Jaboatão dos Guararapes com ramal até o Terminal Rodoviário do Curado, utilizando uma concepção do sistema ferroviário moderno, objetivando conforto e segurança aos usuários. O Sistema de Transporte de Passageiros sobre Trilhos da Região Metropolitana do Recife - STPST-RMR é administrado pela CBTU através da Superintendência de Trens Urbanos do Recife – METROREC. (METROREC, 2010)

Atualmente o metrô do Recife conta com 29 estações e 71 km de extensão (extensão total de metrô com VLT) e transporta mais de 400 mil pessoas por dia. A distância média entre estações é de 1,2km e os trens se movem à uma velocidade média de 40km/h.

Recentemente o metrô do Recife passou por uma modernização com recursos vindos do programa de aceleração do crescimento (PAC), um total de 64 milhões de reais foi destinado à reforma da frota, aperfeiçoar sistema de portas, freios trocados, instalação de acondicionados nos trens. Além destas mudanças, com a Copa do Mundo de 2014 estações foram criadas para servir de transporte para a Arena da Copa.

Em 2013 começaram a operar três carros de VLTs entre a cidade do Cabo e o terminal de Cajueiro Seco, uma distância de 31,5km, cerca de 35 mil passageiros foram beneficiados por esta obra, onde o tempo de viagem foi reduzido de 50 minutos para 30 minutos e contam com vagões com ar condicionado e GPS integrado, além de serem mais rápidos e seguros. (G1, 2013)

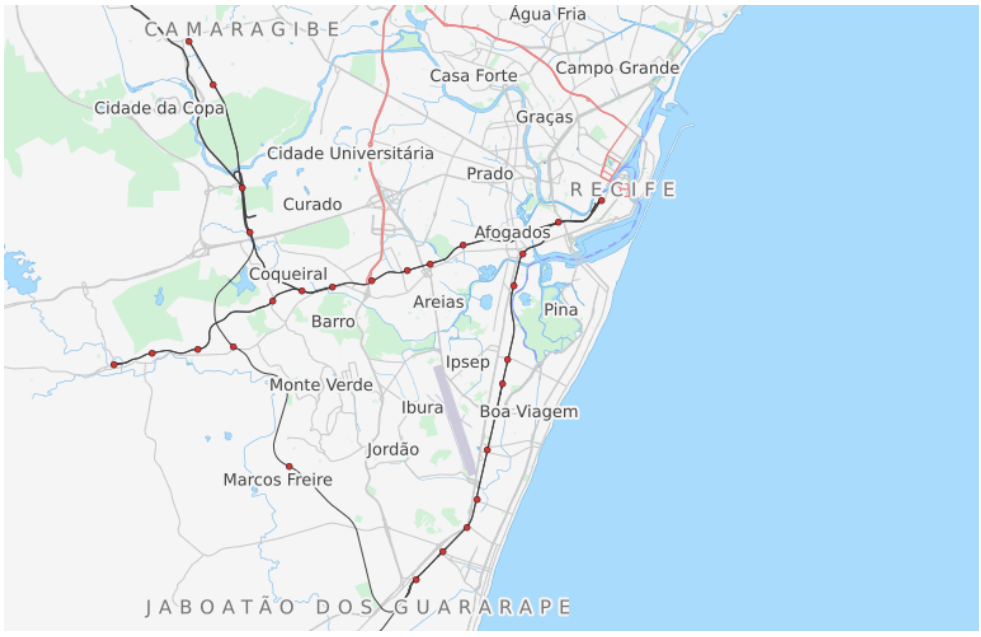
Um complicador do sistema de transporte público do Recife é a difícil integração entre ônibus e metrô. Como o transporte rodoviário é realizado por empresas privadas e o de metrô por uma empresa pública, onde o valor do bilhete é subsidiado pelo governo, a integração

entre os dois meios de transporte é difícil, dificultando ainda mais a criação de novos meios de transporte alternativos, pois uma eventual integração com bilhete único seria complicado de ser implantado.

Mesmo com todas as reformas que foram feitas, o metrô ainda sofre críticas constantes dos seus usuários como por exemplo: falta de segurança, problemas nas instalações, estações muito lotadas, constantes atrasos e a falta de limpeza, são só alguns problemas que podem ser citados.

Além dos problemas já citados acima, conforme apresentado pelo Jornal do Comércio em janeiro de 2017, um outro, é a falta de acessibilidade do metrô para cadeirantes, cegos e pessoas com qualquer tipo de deficiência física. Escadas rolantes e elevadores constantemente quebrados, ausência de corrimões e de rampas, sem funcionários capacitados para lidar com este público que possui necessidades especiais, só são alguns dos pontos a considerar.

Figura 8 - Linhas de metrô da RMR



Fonte: OpenStreetMap (2017)

Figura 9 - Mapa das linhas de metrô da RMR

Fonte: Mobilize.org (2012)

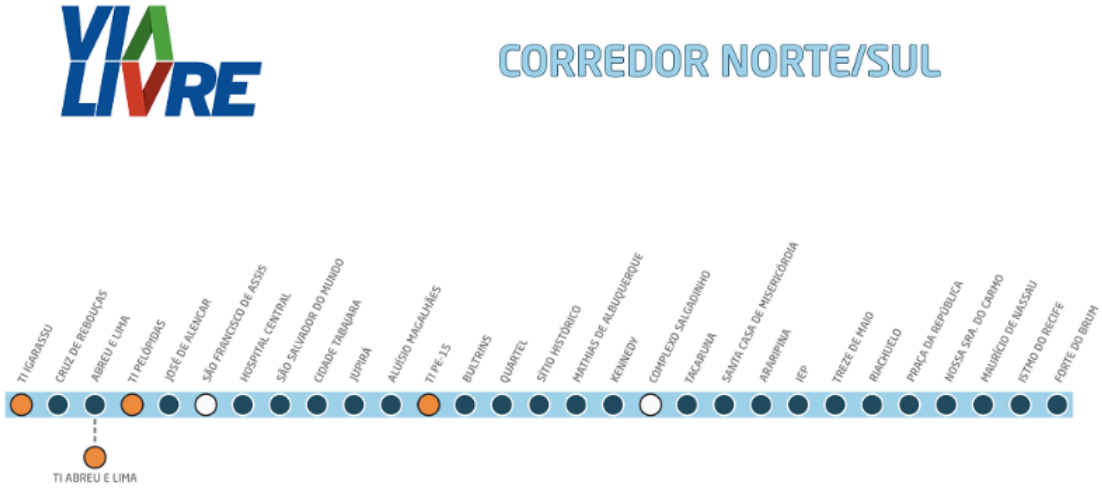
2.1.2.3 BRT

Atualmente Recife conta com dois corredores de BRT implantados em 2014, os corredores Norte/Sul e Leste/Oeste. BRT é um tipo novo de ônibus, mais moderno, equipado para dar mais conforto aos passageiros e pode transportar uma quantidade muito superior de passageiros que o ônibus normal. Estas foram duas das obras de infraestrutura destinadas à Copa do Mundo de 2014. O BRT é um sistema onde os corredores têm uma integração facilitada com outros meios de transporte como ônibus e metrô facilitando assim o transporte nas cidades, pois eles geralmente operam em grandes vias e tem linha de tráfego exclusiva.

As estações do Via Livre são modernas, contam com sistema de som, ar-condicionado, portas automáticas e embarque em nível. Além disso, os BRTs contam com iluminação interna, GPS, sistema de comunicação, aviso sonoro nas paradas, piso nivelado às estações.

Conforme uma reportagem apresentada no Diário de Pernambuco em 2015, o novo meio de transporte agradou os recifenses, os veículos modernos proporcionam maior conforto para os passageiros, porém ainda existem melhorias que podem ser feitas. O BRT em Recife não segue o ideal que é ter faixas completamente segregadas do resto da via, por esta razão ainda têm ônibus normais e carros que circulam nas faixas destinadas ao BRT, reduzindo assim sua velocidade, estando longe do ideal.

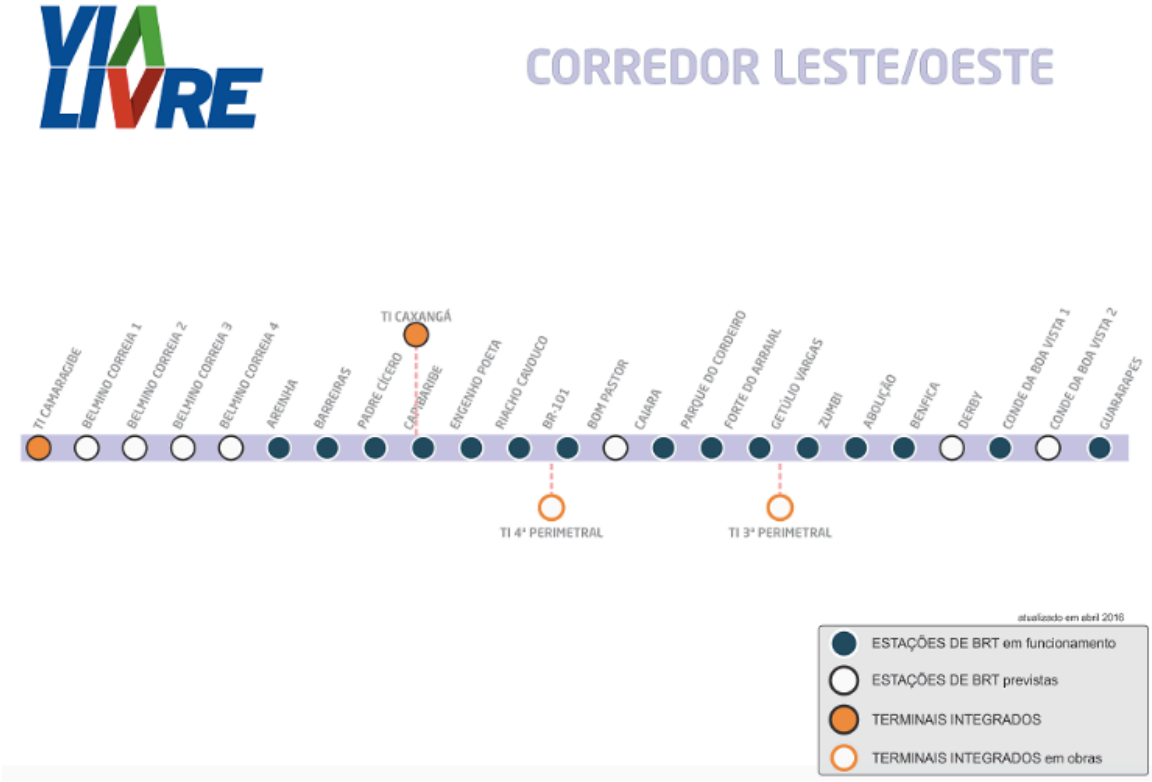
Figura 10 - Corredor Norte/Sul do BRT



Fonte: Consórcio Grande Recife (2017)

A linha Norte/Sul liga Paulista ao centro do Recife e conta com seis linhas e 25 estações e atende a uma demanda de 66 mil usuários/dia, tem uma extensão de 33 km. Este corredor atende importantes polos de atração de viagens, como hotéis, aeroporto, metrô. (GRANDE RECIFE, 2017)

Figura 11 - Corredor Leste/Oeste do BRT



Fonte: Consórcio Grande Recife (2017)

O corredor Leste/Oeste liga Camaragibe ao Centro do Recife, tem 12 quilômetros de extensão, conta com 3 linhas de BRT em operação e 15 estações em funcionamento. Este corredor atende a uma demanda de 50 mil usuários por dia. Nele está incluso o Corredor Ramal Cidade da Copa, que está contemplado com um terminal integrado ao metrô e possui 4 estações construídas ao longo de 5,8 km espaçadas por 500m. (GRANDE RECIFE, 2017)

3 METODOLOGIA

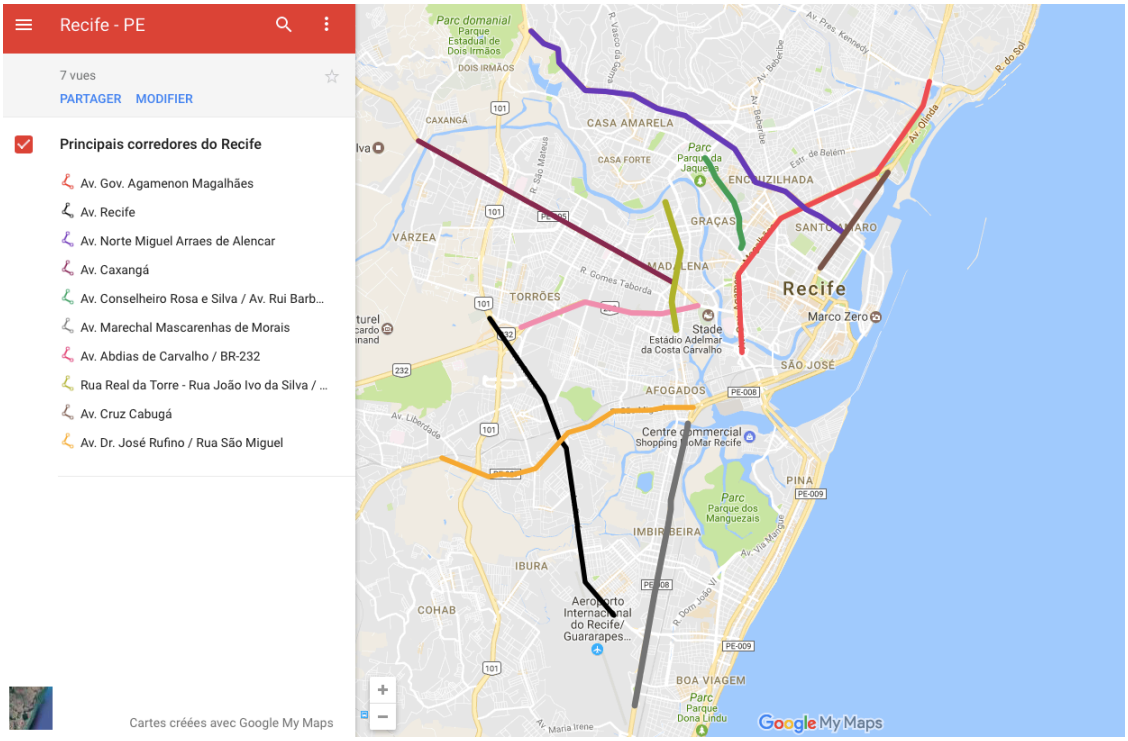
3.1 Análise da demanda de transporte atual (principais corredores)

Recife é uma cidade que possui um sistema viário radial com avenidas que começam no chamado Recife antigo, localizado próximo ao mar, e daí partem para as outras áreas da cidade. Os eixos são conectados por anéis que se iniciam na Avenida Governador Agamenon Magalhães e que terminam na BR-101, uma estrada que teve uma grande importância na urbanização da cidade pois serviu como uma barreira para a ocupação.

Neste projeto serão analisadas as seguintes avenidas e ruas de vitais importância para a mobilidade na cidade do Recife e que possuem um grande volume de veículos diários:

- Av. Conselheiro Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa
- Av. Norte Miguel de Arraes de Alencar
- Rua Real da Torre - Rua João Ivo da Silva / Estrada dos Remédios
- Av. Gov. Agamenon Magalhães
- Av. Dr. José Rufino / Rua São Miguel
- Av. Caxangá
- Av. Cruz Cabugá
- Av. Recife
- Av. Marechal Mascarenhas de Morais
- Av. Abdias de Carvalho / BR-232

Figura 12 - Corredores à serem estudados



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

O Grande Recife Consórcio de Transporte e o professor da UFPE Maurício Pina disponibilizaram dados destes 10 corredores que mais demandam transporte público na região do Recife, referentes ao mês de outubro/2016. Os dados já foram tratados pela Aluna da UFPE, Taís Carvalho de Andrade Lima, no seu Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 2017.

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

Corredores	Av. Cruz Cabugá	Av. Agamenon Magalhães	Rua Real da Torre / Estrada dos remédios	Av. Recife	Av. Norte
Total de Passageiros	4.634.244	7.655.454	3.289.984	2.829.471	5.832.980

Corredores	Av. Mal. Mascarenhas de Morais	Av. Dr. José Rufino / R. São Miguel	Av. Abdias de Carvalho / BR-232	Av. Caxangá/ Belmiro	Av. Cons. Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa
Total de Passageiros	4.099.764	1.615.927	2.043.335	4.447.735	3.551.029

Fonte: Elaborado por Tais Carvalho de Andrade Lima (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, consequentemente, 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 corredores principais para o mês de OUT/2016

Corredores	Av. Cruz Cabugá	Av. Agamenon Magalhães	Rua Real da Torre / Estrada dos remédios	Av. Recife	Av. Norte
Total de Passageiros	178240	294441	126538	108826	224345

Corredores	Av. Mal. Mascarenhas de Morais	Av. Dr. José Rufino / R. São Miguel	Av. Abdias de Carvalho / BR-232	Av. Caxangá/ Belmiro	Av. Cons. Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa
Total de Passageiros	157683	62152	78590	171067	136578

Fonte: Elaborado por Tais Carvalho de Andrade Lima (2016)

Os dados da tabela acima apresentam a demanda diária para cada corredor da cidade do Recife, sendo importante destacar que os referidos dados são dos passageiros catracados, isto é, aqueles obtidos diretamente dentro dos ônibus. Portanto, serão considerados como para um único sentido.

Finalmente, para dimensionar um sistema de transportes para uma cidade é necessário analisar o pior caso possível durante o dia, sendo este o horário de pico, se um sistema de transporte consegue suprir este horário, isto é, tem uma frota dimensionada para transportar com qualidade os passageiros, ele conseguirá suprir todos os horários do dia. A estimativa da demanda no horário de pico vária de 8% a 12% da demanda diária, na cidade do Recife este valor é 10%, sendo assim, a demanda de passageiros no horário de pico é 10% da demanda diária de uma determinada via.

Tabela 3 - Demanda máxima no horário de pico por sentido

Corredores	Av. Cruz Cabugá	Av. Agamenon Magalhães	Rua Real da Torre / Estrada dos remédios	Av. Recife	Av. Norte
Total de Passageiros	17824	29444	12654	10883	22435

Corredores	Av. Mal. Mascarenhas de Morais	Av. Dr. José Rufino / R. São Miguel	Av. Abdias de Carvalho / BR-232	Av. Caxangá/ Av. Belmiro Gouveia	Av. Cons. Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa
Total de Passageiros	15768	6215	7859	17107	13658

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

3.2 Estudo comparativo dos diferentes sistemas de transporte desejados

3.2.1 Sistemas Rodoviários

3.2.1.1 Ônibus

Presente em todas as cidades do mundo, ônibus é um sistema de transporte facilmente adaptável e muito fácil a implantar. Sua eficácia depende da estrutura colocada a dispor e sua organização. Em comparação com outros sistemas, é muito mais barato, possui uma extensa gama de veículos a disposição, por exemplo, o articulado, semi-articulado. Hoje em dia têm-se novas tecnologias em relação ao motor que tornam ônibus mais acessíveis, com mais performance e mais sustentáveis.

A velocidade comercial é variável, dependendo do modelo e tecnologia, podendo ir de 12 km/h à 25-30 km/h. Sua capacidade também é variável, vai de 2000 passageiros por sentido na hora de rush até 12000 passageiros por sentido.

3.2.1.2 Trolleybus

Têm características parecidas às dos ônibus, porém é mais silencioso e menos poluente e muito menos flexível que os ônibus.

Pode ser implantado como a espinha dorsal do sistema ou como um sistema intermediário, como por exemplo, entre metrô e ônibus.

Sua capacidade de transporte varia entre 2000 passageiros por hora e por direção a 3000 passageiros nos biarticulados.

Figura 13 - Trolley Bus em Lyon, França

Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

Tabela 4 - Diferença entre ônibus e Trolley Bus

	Bus			Trolleybus	
	standard	articulated	Bi articulated	standard	articulated
Length	12 m	18 m	24 m	12 m	18 m
Width	2.50 à 2.55 m			2.55 m	
Height	2.9 m			2.9 m	
Weight	11.5 t	17.3 t	~23.5 t	13.2 t	19.1 t
Max Speed (km/h)	70 – 90	65 – 90	60 – 80	80	
Power	fuel, gaz, biofuel, ….			Electricity	
Life duration	10/15 years			20 years	
Unit capacity (4 p/m²) *including seated*	80 *30*	120 *50*	160 *70*	70 *35*	100 à 110 *35*
Capacity (pphpd)	1 200	1800	2 400	1050	1650

Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

3.2.1.3 BRT

BRT tem como cidades modelo Bogotá (Colômbia) e Curitiba (Brasil) onde seu modelo nasceu e foi implantado como referência para todo o resto do mundo. O BRT (Bus Rapid Transit) é um sistema de transporte coletivo de alto desempenho que utiliza veículos sobre pneus e opera na superfície viária em faixa exclusiva. A principal qualidade de um bom BRT reside na letra R (de Rápido), que pressupõe baixos tempos de espera e rapidez no deslocamento dos usuários. Assim, a rapidez de um sistema BRT é conseguida por uma combinação de alta velocidade operacional com serviços frequentes e constantes. O BRT integra uma série de elementos físicos e operacionais que antes eram exclusivos de sistemas urbanos sobre trilhos.

O BRT faz uso de faixas exclusivas que ou são adicionadas ao sistema viário ou são tomadas dos demais veículos. Uma faixa de avenida dedicada ao BRT pode transportar até 10 vezes mais pessoas por hora que uma faixa dedicada ao automóvel. E em situações onde são duas as faixas dedicadas ao BRT, a capacidade atinge mais de 40 mil pessoas por hora e sentido, números equivalentes aos de sistemas metroviários de grande rendimento. (CONCEITOS E ELEMENTOS DE CUSTOS DE SISTEMAS BRT, 2010)

Como desvantagens do BRT podem ser citados o fato de que o BRT não é considerado um meio sustentável, sua vida útil é de 10 anos (quando a do Tramway é de 30 anos), mesmo tendo uma capacidade de transporte alto, não é considerado uma solução à longo prazo em

cidades grandes, cidades com Curitiba e Bogotá têm planos de transformar suas linhas de BRT em metrô.

3.2.2 Sistemas Ferroviários

3.2.2.1 Metrô

O primeiro metrô do mundo foi inaugurado em Londres em 1863 como uma maneira de aliviar o trânsito de pedestres, cavalos e carroças no centro de Londres que lotavam as ruas devido ao aumento de mais de 6 vezes da população durante o século 19. A ideia era encontrar uma maneira de levar as linhas ferroviárias já existentes nos limites da cidade para o centro. (MUNDO ESTRANHO, 2011)

A partir dai, diversas outras metrópoles ao redor do mundo começaram a utilizar o metrô como um outro sistema de transporte público. Desde então, as tecnologias utilizadas foram avançando chegando ao que temos hoje em dia. Existem três tipos de metrôs que são os mais utilizados hoje em dia: o metrô clássico, o automático e o metropolitano.

3.2.2.1.1 Metrô automático

Um meio de transporte guiado onde seu funcionamento pode ser totalmente ou parcialmente automatizado. Os trens podem ter diversos níveis de automatização como, por exemplo, a opção de implantar trens sem funcionários no seu interior, sendo tudo monitorado por um sistema central, ou a ter a presença de pessoal apenas para supervisão de possíveis obstáculos e colisões. O sistema de abertura e fechamento das portas pode ser a cargo desse pessoal ou não dependendo do método implantado.

O modo ideal desse metrô automático é o sistema sem condutor gerenciado por uma central que tem alimentação elétrica via um terceiro trilho. A capacidade de trens com essas características é intermediária entre tramway e metrô. Sua frequência máxima não é tão pequena quanto do metrô tradicional, sendo um intervalo mínimo de 90s entre um trem e outro. É ideal para cidades de médias (em torno de meio milhão de habitantes), com capacidade média de 22 000 passageiros por hora e por sentido.

Figura 14 - Metrô automático, França

Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

3.2.2.1.2 Metrô clássico

Um sistema ideal para cidades grandes, com milhões de habitantes, devido a sua grande capacidade de transporte de passageiros. Hoje em dia existe uma grande diversidade de metrôs em termo de capacidade e de tipo de alimentação, variando assim sua velocidade, e quantidade de passageiros transportados.

A velocidade comercial de um metrô clássico é em torno de 25-30 km/h, mas os trens podem chegar até 70-90 km/h. As distâncias entre estações são geralmente entre 600-900 m, sendo consideravelmente mais próximas que a do metropolitano, possui uma malha muito mais densa para conseguir suprir toda a necessidade de transporte de centros metropolitanos. O cálculo utilizado para determinar quantos passageiros são transportados é com base no valor de 4 passageiros/m^2, podendo assim, transportar uma média de 50 000 passageiros por hora e por direção.

Figura 15 - Metrô em Paris, França

Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

3.2.2.1.3 Metrô metropolitano

São metrôs com uma grande capacidade de transporte de passageiros, as estações são mais distantes, em torno de 1,5 à 3 km de distância para atender regiões mais distantes, localizadas nas periferias das cidades e a velocidade comercial é muito mais elevada que a do metrô clássico, ficando entre 30 - 60 km/h, mas pode chegar até 100km/h. Foram metrôs idealizados para grandes metrópoles visando ligar regiões periféricas a regiões com maiores densidades demográficas, aos centros das cidades.

Tem como característica uma grande capacidade de transporte, cada trem pode transportar 2000 passageiros, sendo assim, um total de 60 000 passageiros são transportados por hora e por sentido com este sistema de transporte.

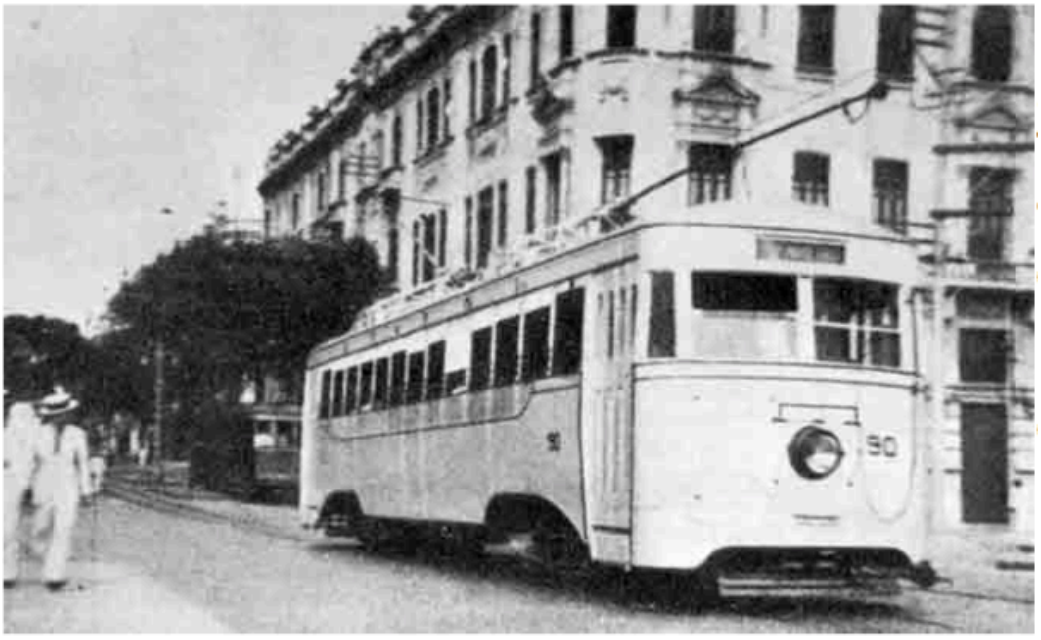
Figura 16 - Metrô metropolitano com 2 andares

Fonte: Wikipedia.fr

3.2.2.2 Tramway

As primeiras linhas de Tramway nasceram nos Estados Unidos ainda no século XIX. No início no século XX, o Tramway era muito popular em diversas cidades do mundo, incluindo o Brasil, era também conhecido como "bondinho", porém a partir de 1935 começou a desaparecer da paisagem urbana. A sua desaparição se deu graças ao progresso dos ônibus, tecnologia na época mais confiável e também mais barata. Tramway precisa de uma infraestrutura muito maior que a do ônibus. Como ônibus utilizam como infraestrutura as rodovias, os custos de implantação e de manutenção são mais difíceis de passar para o usuário, tornando este meio muito mais econômico para os utilizadores e de maior interesse para os gestores.

Figura 17 - Tramway nos anos 20 em Recife/Olinda



Fonte: Fundação Joaquim Nabuco (2011)

O último bonde inglês a circular no Recife, fazia o trajeto Boa Vista - Madalena, e funcionou até março de 1954. O bonde de número 104, contudo, conseguiu ser preservado: permanece exposto na frente do Museu do Homem do Nordeste, na Fundação Joaquim Nabuco. (FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO, 2003)

A partir de 1973, Tramway começou a voltar a ser implantado como mais uma opção de modo de transporte, com novas tecnologias. A partir do retorno, várias modificações foram

incorporadas ao seu modelo original como por exemplo: plataformas baixas, mais confiável, adaptação a diferentes capacidades de transporte e facilmente integrável a outros meios de circulação. Adaptado para linhas de 10-15 km de comprimento. Ao ser implantado em vias onde apenas o tramway circula, o mesmo pode ter uma velocidade comercial de 18-25 km/h e de maneira regular. Tem uma boa integração com contexto urbano das cidades. A sua capacidade de transporte varia de 3000 a 9000 passageiros por hora e por direção, a média é de 7000 para um trem moderno. Um outro aspecto importante é que os tramways conseguem, dependendo do modelo, vencer inclinações de até 14%.

O investimento de um Tramway ainda é bem elevado, entretanto, em comparação ao metrô, por exemplo, o mesmo representa um terço do investimento por quilômetro de uma linha de metrô. Mas ainda é superior que o preço de instalação de uma linha de ônibus normal ou de um TrolleyBus, por exemplo. O preço exato de instalação de um trem deste tipo vária muito, pois além do preço de instalação é necessário um trabalho de urbanismo em conjunto e a necessidade prévia de uma avenida larga.

Além dos pontos positivos citados anteriormente, um outro ponto importante à ser citado é seu baixo consumo de energia por quilômetro por passageiro aliado a uma baixa poluição sonora, tornando este meio mais sustentável, e como geralmente a sua construção é feita em vias onde apenas o Tramway circula, a prioridade normalmente é dada ao mesmo o que aumenta sua velocidade e o torna um modo ainda mais atrativo para os usuários, desencorajando a utilização de carros privados. Além de tudo isto, existe a possibilidade da sua infraestrutura ser usufruída por linhas Tram-Trêm, onde em uma mesma linha passam tanto tramways como trens, diversificando sua utilidade.

No ponto de vista urbano, o Tramway também leva vantagem em relação aos outros meios pois a sua inserção no meio urbano é feita junto com um trabalho de melhoramento do paisagem urbana, o que faz com que a cidade melhore em um todo e também proporciona uma imagem de modernidade. Além do conforto que é fornecido aos usuários, sua localização na superfície tem seus pontos positivos como por exemplo a iluminação natural do sol, sinal de telefone e em cidades mais turísticas pois pode ser utilizado como incentivo ao turismo.

Como pontos negativos do Tramway podem ser citados o seu alto custo de manutenção, pois se trata de uma grande infraestrutura, este trem não consegue contornar nenhum tipo de obstáculo, sua construção geralmente altera o trânsito de uma cidade, podendo se tornar um grande inconveniente, tem uma velocidade inferior à do metrô, e o impacto visual dos cabos de alimentação.

Figura 18 - Atual Tramway da SNCF (França)

Fonte: http://newgentransp.e-monsite.com (2017)

Dos diversos tipos de tramway que existem hoje em dia, com tecnologias variáveis, cada modelo pode se adaptar melhor a diferentes situações. Para citar alguns:

3.2.2.2.1 Alimentação pelo solo

Sistema mais vantajoso no aspecto estético por não possui o fio de alimentação elétrico no ar, porém leva desvantagem na sua construção e manutenção pois são mais complicadas do que o sistema alimentado por cabos (o tradicional).

Na cidade de Bordeaux, na França, vários tramways foram instalados utilizando esta tecnologia. A alimentação é feita com um terceiro trilho no solo, localizado entre os de rolamento (conforme a figura abaixo ilustra). Esse trilho é dividido em seções que são automaticamente acionados quando um tramway passa ou está parado em cima.

Figura 19 - Tramway de Bordeaux

Fonte: Wikipedia (2017)

3.2.2.2.2 Tramway à bateria

Não é um modelo muito comum de tramway pois é necessário muito energia estocada para um trem conseguir se locomover, sendo assim, geralmente é utilizado uma fonte de energia secundária em caso de problema na primeira opção do trem. Entretanto, na cidade de Nice, na França, foi instalado um tramway com uma bateria de níquel-hidreto metálico capaz de armazenar energia o suficiente para que o mesmo percorra algumas centenas de metros à 30km/h, tendo como vantagem o fato de não precisar de catenárias. Importante em sítios históricos, como por exemplo praças importantes, onde a instalação de trilhos afetaria a importância do local. A recarga da bateria é feita automaticamente à cada estação.

3.2.2.2.3 Tramway sobre pneus

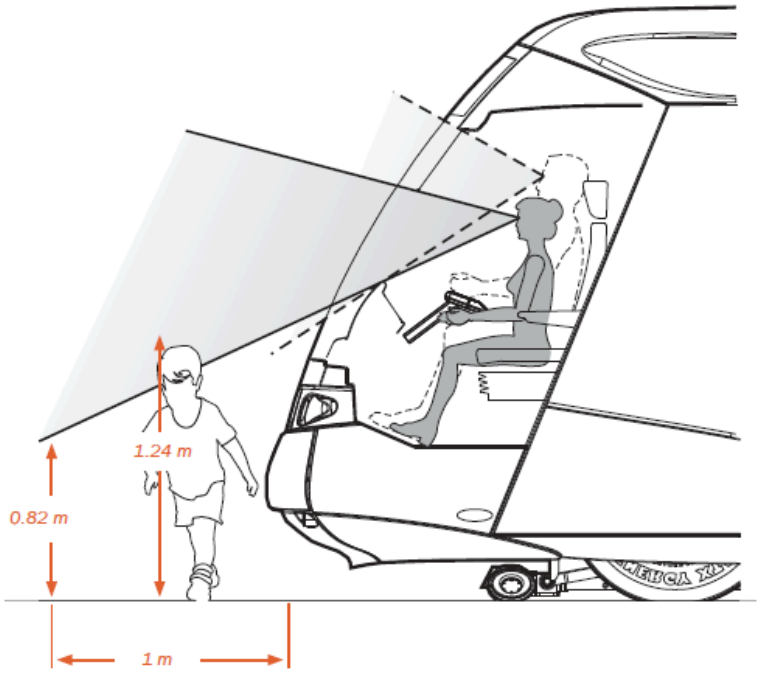
Mais uma variação do tramway tradicional, podendo este ser guiado de diferentes maneiras, dependendo do que o projeto requer. Ele pode ser guiado por um trilho central (guia mecânico) ou por uma célula ótica que segue o traçado sobre o caminho (guia ótico).

Esse sistema tem dois pontos especialmente vantajosos em relação ao tramway tradicional, que são: o investimento de implantação, é consideravelmente menor, e por estar sobre pneus existe a possibilidade de sair dos trilhos, em casos pontuais, caso ocorra um

acidente no percurso. Pode ser transformado em um Trolley bus, se o sistema elétrico for compatível, ou ônibus normal, caso sua energia provenha de baterias. Um outro ponto positivo é que este modelo pode vencer inclinações de até 13%, dependendo do modelo e por estar sobre pneus seu deslocamento é mais silencioso que tramway normal, pois não tem o contato de ferro contra ferro. Este modelo também faz curvas mais facilmente que o tramway tradicional, em alguns modelos a curva pode chegar a ser metade do raio que a do tradicional.

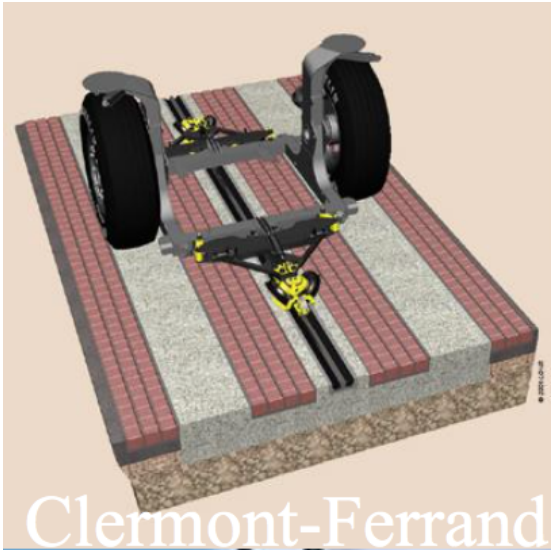
Existem modelos, como por exemplo, o que será instalado na nova linha de Tramway em Paris (T6), que possuem sistema ABS instalado o que garante maior segurança para usuários e para o pedestre. Suas cabines também levam em conta a questão da segurança, dando ao condutor uma visão panorâmica do que vem a frente, conforme é ilustrado abaixo:

Figura 20 - Visão do condutor de um Tramway



Fonte: http://newgentransp.e-monsite.com/pages/transports-ferroviaires/translohr-tramway.html (2017)

Figura 21 - Tramway sobre pneus



Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

Tabela 5 - Características de um Tramway moderno

Characteristics		**Infrastructures**	
Reliability	Good	**Alignment width**	5.60 to 6.30 m
Guidance	Rails	**Alignment width in curves (25m)**	6.9 to 7.7 m
Length	20 à 60 m	**Minimum radius in curve**	25 m
Width	2.20 à 2.65 m	**Max slope**	6-8 %
Power	Electr.750 V		
Max Speed	70 km/h	**Costs**	
Low Floor	yes	**Investment cost per km**	20-30 M€
Comfort	Good	**RS cost per unit**	2-3 M€
Capacity of RS	160 to 350	**Operating cost / veh.km**	6€
Capacity (pphpd)	3000 to 9000		

Fonte: Aula apresentada na EIVP desenvolvida por Antoine Chevre (Set. 2014).

3.2.3 Comparação dos sistemas

Existem diversos fatores à serem levados em conta ao analisar qual sistema de transporte é o ideal a ser implantado em determinada região. Sendo o ponto principal a

capacidade de transporte que deve ser suficiente para escoar a demanda, tanto no período atual como no futuro, ou ter a opção de ampliação ou adaptação do sistema a o que será requisitado no futuro.

Entretanto, outros pontos devem ser igualmente analisados como por exemplo: o custo de implantação e de manutenção, inserção na paisagem urbana da cidade, integração de todos os meios de transporte, consumo de energia, eficácia, entre outros.

Abaixo estão apresentadas tabelas resumos dos principais sistemas de transporte.

Tabela 6 - Quadro resumo

	Unidade	Ônibus	BRT	Tramway (3 a 5 carros)	Metro Clássico (4 carros)	Metrô Metropolitano (10 carros)
Guiado	-	Não	Não	Trilho	Trilho	Trilho
Vel. Máx	km/h	70-90	60	80	90	100
Vel. Comércial	km/h	13 - 30	30	18 - 25	25 - 30	30 - 60
Frequencia máxima	s	60	90	120	90	120
Capacidade máxima por carro (4 passageiros/m2)	passageiros	-	-	-	300	300
Capacidade máxima (4 passageiros/m2)	passageiros	80-120	170	150-350	1200	3000
Capacidade de transporte com base em um veículo na frequencia máxima	pass/hora/sentido	3600	6800	10500	48000	90000
Distância Média entre Estações	m	300 - 800	800m	400 - 1000	600 - 900	1500 - 3000

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

3.3 Estudo da tecnologia a ser adotada nos corredores

A partir do estudo realizado no tópico 3.1 seguiremos com a análise para determinar qual sistema de transporte seria o mais adequado para as grandes avenidas e ruas da cidade do Recife. A tabela de referência para os estudos a serem feitos a seguir será a tabela 3. Esses valores foram estimados a partir do estudo realizado no mês de outubro de 2016, conforme já mencionado anteriormente. Porém estes valores indicam a quantidade de pessoas que utilizam o transporte coletivo atualmente, não refletindo, assim, o deslocamento total de pessoas para as vias em questão.

Para um real estudo de viabilidade deve ser analisado a demanda atual, mas também uma demanda futura, levando em conta o crescimento populacional. Seguindo a tendência mundial que é ter cidades cada vez mais sustentáveis, com melhor qualidade de vida e mais humanas, ao ser implantado novos meios de transporte público, o transporte particular deve ser fortemente desencorajado. Ao oferecer um transporte coletivo de qualidade e maiores vantagens para aqueles que preferem não utilizar o veículo privado, a demanda de passageiros para este transporte coletivo também aumentará, então ao realizar o estudo de viabilidade este fato também deverá ser levado em conta.

Neste projeto esta análise de transporte futura não será levada em conta, nem a análise financeira de cada investimento.

3.3.1 Avenida Governador Agamenon Magalhães

A avenida que possui a maior demanda de passageiros é a Avenida Governador Agamenon Magalhães que interliga Olinda à zona sul do Recife. É considerada a espinha dorsal da cidade do Recife. Na sua criação (década de 60), a avenida teve um grande impacto na circulação de veículos e pessoas no centro da cidade, pois não era mais necessário passar pelo centro para atravessar Recife. Hoje em dia é conhecida por todos os habitantes da cidade como uma via muito problemática, principalmente nos horários de pico, devido a grande quantidade de veículos particulares e públicos que circulam na mesma.

Ao longo desta via encontra-se a praça do Derby, diversos empresariais de grande porte, hospitais públicos e privados e escolas. Desta avenida partem diversas outras vias arteriais que escoam a população para outras zonas da cidade, o que contribui para o seu fluxo intenso. Mesmo com a grande quantidade de faixas, a Avenida Agamenon Magalhães sofre

diariamente com horas de congestionamentos e para muitos habitantes não existe outra opção de itinerário que não passe por ela.

Sua demanda por sentido na hora do pico é 29444 passageiros. Conforme mencionado anteriormente este valor engloba apenas o número de passageiros que circulam na via utilizando transporte coletivo. Levando em consideração a situação atual da avenida e a sua importância, a implementação de um sistema de transporte de superfície sem a total separação física não solucionará o problema, pois o novo sistema estará susceptível a sofrer os mesmos problemas atuais de congestionamento.

Desta maneira, a implantação de um metrô solucionaria o problema, pois reduziria o número de ônibus na superfície, por se tratar de uma longa avenida plana, o traçado de uma rede de metro seria facilitado. Além do mais, trata-se de um meio de transporte rápido e eficiente, menos susceptível a interferência externa que outros meios de transporte. Um estudo feito na cidade de São Paulo pela Companhia do Metropolitano em 2014 mostrou que 63% dos usuários do metrô possuem carro, mas preferem se locomover com o metrô, pois o tempo de viagem é consideravelmente menor em comparação aos que utilizam carros particulares. (ESTADÃO SÃO PAULO, 2015)

Levando em conta todos estes pontos, a tecnologia mais adequada para esta via é a implementação de uma linha de metrô indo de Olinda passando por toda a avenida e se prolongando até o Pina. Considerando um metrô padrão com 4 carros e cada carro com uma capacidade máxima de 300 pessoas:

$$Capacidade = 4\ x\ 300 = 1200\ passageiros$$

A quantidade de trens necessários para escoar o total de 29.444 passageiros na hora de pico:

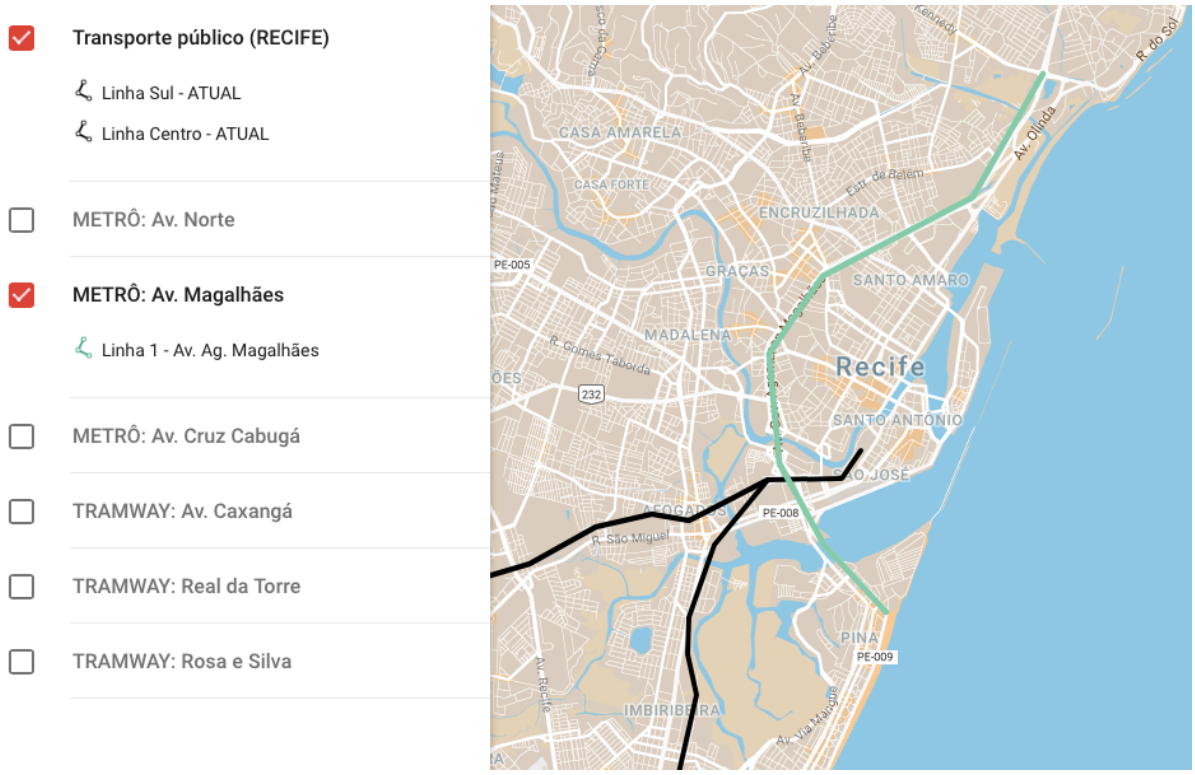
$$Número\ de\ trens = \frac{29444}{1200} = 24{,}5 \sim 25 trens$$

Sabendo que a frequência máxima que esses metrôs podem operar são de no máximo 90 segundos de intervalo, em casos críticos, mas um intervalo de 3 minutos entre cada trem já é satisfatório:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60 min}{25} = \ 2{,}4\ minutos$$

Deste modo, a linha de metrô ligaria a cidade de Olinda até a praia do Pina, dando um total de 10,6 km de distância. Sabendo que estações de metrôs tradicionais são instaladas em média a cada 800 m esta linha teria um total de 14 estações.

Figura 22 - Traçado da linha de metrô da Av. Gov. Agamenon Magalhães



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

A integração das duas linhas já existentes de metrô e atuantes com a nova pode ser feita por meio estação subterrânea ou por um caminho indicativo da saída de uma estação para outra, devido à grande proximidade, este percurso pode ser realizado a pé pelos usuários.

A implementação desta linha irá além do estabelecido pelo SEI, que concentra as linhas vindas do norte, sul e do centro na estação Joana Bezerra.

3.3.2 Avenida Marechal Mascarenhas de Morais

Uma importante via arterial do munícipio do Recife, a Avenida Marechal Mascarenhas de Morais liga o bairro de Afogados ao município de Jaboatão dos Guararapes. Nesta avenida está localizado o Aeroporto Internacional do Recife além de diversas lojas, concessionárias, hotéis, e também locais públicos como o Ginásio Municipal de Esportes Geraldo Magalhães, também conhecido como Geraldão, e uma UPA.

Paralela a esta avenida está a linha Sul do Metrô do Recife, mas por se tratar de uma avenida com grande fluxo de pessoas mesmo com a linha de metrô, nos horários de pico a avenida sofre de lentidões devidas ao congestionamento de veículos. Conforme mostrado

anteriormente, a sua demanda estimada por sentido na hora do pico é de 15768 passageiros utilizando ônibus.

Para esta via, considerando as suas características e circunstâncias, recomenda-se para este corredor um estudo de integração entre os sistemas de ônibus e metrô, de forma, a reduzir o número de passageiros por ônibus.

Considerando um ônibus convencional com uma capacidade máxima de 100 pessoas, a quantidade de ônibus necessários para escoar o total de 15768 passageiros na hora de pico:

$$Número\ de\ ônibus = \frac{15768}{100} = 157{,}68 \sim 158\ ônibus$$

Sabendo que a frequência máxima que um sistema de ônibus opera é de no máximo 120 segundos de intervalo, em casos críticos. Menos do que isso, o sistema torna-se inviável, pois o custo torna-se muito alto.

$$Intervalo\ entre\ ônibus = \frac{3600s}{197} = 23\ segundos$$

Analisando o resultado, percebe-se que o sistema está operando além da capacidade. De forma a viabilizar este sistema indica-se um estudo de integração entre os ônibus e metrôs de modo a incentivar os passageiros o uso do metrô.

3.3.3 Avenida Doutor José Rufino/ Rua São Miguel

Corta o bairro de Tejipió no Recife, bairro antigo que remota dos tempos coloniais. É uma avenida que liga o município de Jaboatão dos Guararapes ao centro do Recife. Originalmente se chamava Estrada da Vitória, criada em 1836, e ao redor desta estrada começou a crescer um povoado, que hoje em dia é um bairro da cidade.

Este corredor ele corre paralelamente à linha de metrô sul. Sua demanda por sentido na hora do pico é 6215 passageiros. Por se tratar de um corredor já paralelo ao metrô e com uma demanda não muito alta, o sistema indicado é realmente o de ônibus.

Realizando as mesmas considerações feitas anteriormente para ônibus convencional, a quantidade de ônibus necessários para escoar o total de passageiros na hora de pico:

$$Número\ de\ ônibus = \frac{6215}{100} = 62{,}15 \sim 62\ ônibus$$

Considerando a frequência máxima:

$$Intervalo\ entre\ \hat{o}nibus = \frac{3600s}{62} = \ 1\ minuto$$

Analisando o resultado, percebe-se que o sistema está operacionalmente viável.

3.3.4 Avenida Recife

Avenida que liga Boa Viagem à Cidade Universitária, é uma das mais importantes da cidade, ligando a Zona Sul à Oeste, é uma via que possui aproximadamente 7km de extensão. Em 2016 foi implantado a faixa exclusiva para rolamento de ônibus, que tem inicio no cruzamento da Rua Gonçalves Magalhães com a Avenida Recife e vai até o cruzamento com a Rua São Nicolau, ao todo são 3 km e 600 metros. Ao todo 29 linhas de ônibus passam pelo local e são beneficiadas pela exclusividade.

A sua demanda por sentido na hora do pico é 10883 passageiros. Realizando as mesmas considerações feitas anteriormente para ônibus convencional, a quantidade de ônibus necessários para escoar o total de passageiros na hora de pico:

$$N\acute{u}mero\ de\ \hat{o}nibus = \frac{10883}{100} = 108{,}83 \sim 109\ \hat{o}nibus$$

Considerando a frequência máxima:

$$Intervalo\ entre\ \hat{o}nibus = \frac{3600s}{109} = \ 33\ segundos$$

Analisando o resultado, percebe-se que o sistema indicado é realmente o rodoviário, sistema já atuante na via, porém com algumas ressalvas. Uma vez que esta via atualmente absorve o trafego que deverá circular no futuro pela terceira perimetral, que ainda se encontra em fase de projeto, a avenida está sobrecarregada. Ao ser concluída a obra, espera-se que a Avenida Recife volte a operar com uma capacidade compatível com o que foi inicialmente projetado sem necessitar de um sistema de maior capacidade.

3.3.5 Avenida Abdias de Carvalho - BR-232

Liga o centro do Recife à BR-232. Por ser uma via que leva habitantes do centro da cidade para o interior (acesso a BR-101 e BR-232), é o caminho mais rápido para os que desejam seguir estrada ou moram nos arredores.

A via possui um ponto critico, o cruzamento com a Avenida General San Martin, onde tem um sinal de três tempos que diariamente segura o fluxo da avenida causando congestionamento nos dois sentidos. Além do tráfego intenso na hora de pico, a avenida ainda é o caminho de ida e vinda de todos os trabalhadores da CHESF e os estudantes da Faculdade Estácio de Sá, ambos na Abdias de Carvalho.

Sua demanda por sentido na hora do pico é 7859 passageiros. Realizando as mesmas considerações feitas anteriormente para ônibus convencional, a quantidade de ônibus necessários para escoar o total de passageiros na hora de pico:

$$Número\ de\ ônibus = \frac{7859}{100} = 78{,}59 \sim 79\ ônibus$$

Considerando a frequência máxima:

$$Intervalo\ entre\ ônibus = \frac{3600s}{79} = \ 46\ segundos$$

Analisando o resultado, percebe-se que o sistema rodoviário é realmente o indicado para a via. Este corredor nem mesmo no SEI foi considerado objeto de estudo como via potencial para instalação de um modo diferente do que o ônibus, por se tratar de uma avenida com pouco potencial para absorver sistemas com maiores capacidades.

Entretanto, ao levar em consideração que a demanda dos sistemas de transporte coletivos está aumentando, observa-se que este já opera no seu limite. Para um futuro próximo, será necessário a implantação de um sistema que consiga oferecer uma boa qualidade ao usuário e um maior conforto. Outro ponto, é a importância de incentivar meios de transportes cada vez mais sustentáveis, sendo assim, em um futuro, a possibilidade de implementação de um Tramway.

3.3.6 Avenida Caxangá

Considerado um dos corredores mais importantes da zona oeste do Recife, possui um comprimento de 6,2 km em linha reta, sendo uma das maiores do Brasil. No século XIX, era denominada de Estrada de Paudalho. Foi inaugurada em 1940 e no decorrer dos anos foi sendo modificada, ampliada e revitalizada. A avenida começa na Praça João Alfredo na Madalena e termina no bairro de Caxangá, na divisa com o município de Camaragibe. Encontram-se ao longo e nas proximidades desta avenida diversos centros geradores de

trafego como hospitais públicos, clube de campo, parque de exposições, colégios, comércios e diversos outros estabelecimentos.

No ano de 2014 foram parcialmente inauguradas algumas estações que servem o BRT na Caxangá, compondo um trecho da linha Leste-Oeste. A faixa exclusiva para ônibus foi implantada no centro da via, em ambos os sentidos, e junto com essas mudanças houve uma revitalização da avenida em geral para comportar esse novo sistema. A demanda horária por sentido na hora do pico é de 17107 passageiros, número que um BRT bem implantado consegue escoar, entretanto, conforme já foi explicado anteriormente, para ser possível usufruir do melhor serviço que o BRT pode oferecer, que é um transporte na superfície que funciona de maneira similar ao do metrô subterrâneo, alguns pontos como a limitação física da faixa exclusiva para o BRT deve ser obedecida, o que não ocorre na Avenida Caxangá.

Outro problema citado pelos usuários, é o fato de na Caxangá circular além do BRT ônibus convencionais de outras linhas que se utilizam de pequenos segmentos da avenida. Pelo avenida possuir um total de três faixas para cada sentido, e uma delas foi destinada para o BRT, as duas faixas restantes são divididas entre ônibus e carros particulares, o que gera confusão e contribui para a formação de engarrafamentos.

Considerando um ônibus BRT com uma capacidade máxima de 170 pessoas, a quantidade de ônibus necessários para escoar o total de 17107 passageiros na hora de pico:

$$Número\ de\ ônibus = \frac{17107}{170} = 100{,}6 \sim 101\ ônibus$$

O intervalo entre a saída de cada ônibus:

$$Intervalo\ entre\ ônibus = \frac{3600s}{101} = 36\ segundos$$

Conforme já mencionado, este sistema ainda está em fase de conclusão da sua implantação na avenida desde o ano de 2014. Considerando que ao implantar um novo sistema, o mesmo deve absorver além da demanda atual uma demanda futura, os cálculos apresentados acima demonstram que este sistema já se encontra esgotado antes mesmo da sua total implantação. Considerando o número máximo de 170 passageiros por ônibus, o máximo indicado pelo fabricante dos ônibus, e o pequeno intervalo de 36 segundos.

Para conseguir um sistema que absorva esta demanda, deve-se optar por um sistema maior, como por exemplo, um Tramway. Considerando a capacidade máxima de 350 pessoas

por trem, a quantidade de tramways necessários para escoar o total de 17107 passageiros na hora de pico:

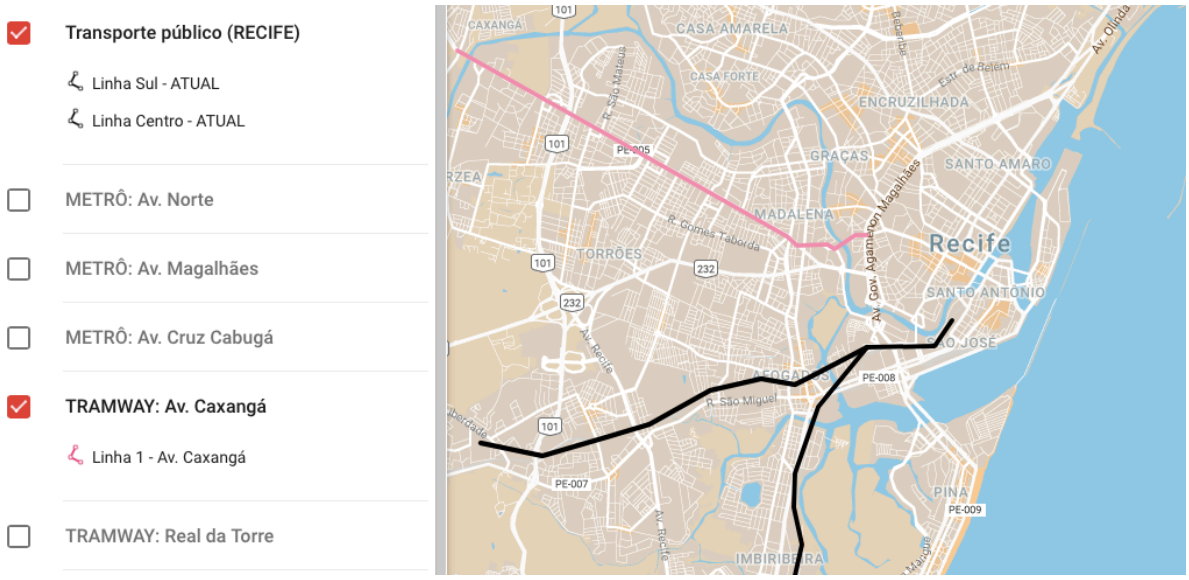
$$Número\ de\ trens = \frac{17107}{350} = 48{,}88 \sim 49\ trens$$

O intervalo entre a saída de cada tramway:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60\ minutos}{49} = 1{,}2\ minutos$$

Finalizando, o modo ideal de aplicação nesta via é o Tramway, onde os passageiros circulariam com mais conforto e segurança, a linha poderia continuar até a Avenida Agamenon Magalhães onde faria a integração para que os passageiros possam seguir viagem até a estação Joana Bezerra.

Figura 23 - Traçado da linha de Tramway da Av. Caxangá



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

A solução proposta possui um comprimento total de 7,6 km, considerando uma distância de 700 m entre cada estação, esta linha possuiria um total de 10 estações.

3.3.7 Rua Real da Torre - Rua João Ivo da Silva / Estrada dos Remédios

A Rua Real da Torre foi uma das ruas que tiveram obras para melhorar o trânsito do Recife para a Copa do Mundo de 2014. No cruzamento da rua com a Avenida Caxangá, foi construído um túnel, chamado de Túnel da Abolição, obra que fez parte da implantação da linha Leste-Oeste do BRT. O mesmo foi inaugurado em 2015, entretanto, o projeto original contava com 3 faixas de rolamento sendo uma exclusiva para ônibus, mas na execução o túnel conta com apenas 2 faixas graças à uma diferença de 50 cm entre o projeto e a execução.

A sua demanda por sentido na hora do pico é 12654 passageiros, considerando análises feitas anteriormente com números inferiores a este, o sistema de ônibus já estaria operando no limite. Sendo assim, uma opção é a utilização do Tramway:

Realizando as mesmas considerações feitas anteriormente para Tramway, a quantidade de trens necessários para escoar o total de 12654 passageiros na hora de pico:

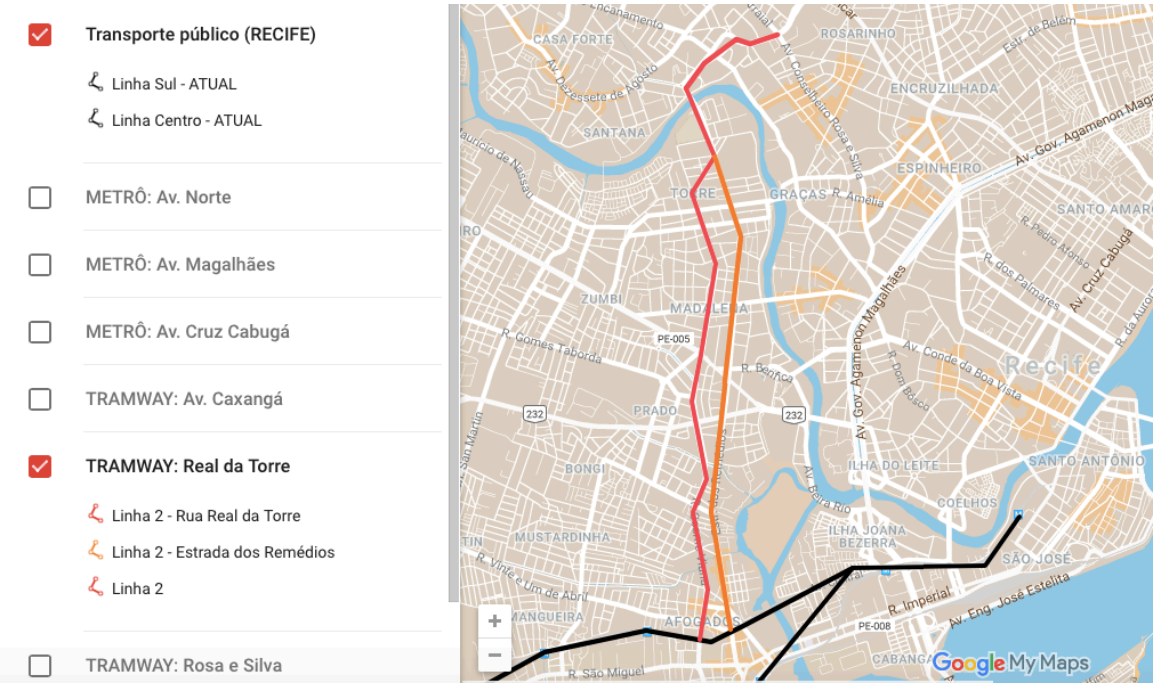
$$Número\ de\ trens = \frac{12654}{350} = 36{,}15 \sim 36\ trens$$

O intervalo entre a saída de cada ônibus:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60\ minutos}{36} = 1{,}7\ minutos$$

Conclui-se que o Tramway seria a opção ideal para esta via, sendo então implementado com um sentido na Rua Real da Torre e o sentido oposto na Estrada dos Remédios, tendo integração com a linha de Tramway da Caxangá, com a linha de metrô já existente, e como será visto mais adiante, com a linha de Tramway da Rosa e Silva e da Rui Barbosa. A linha idealizada terá um total de 9,72 km de extensão.

Figura 24 - Traçado da linha de Tramway da Rua Real da Torre / Estrada dos Remédios



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

3.3.8 Avenida Conselheiro Rosa e Silva - Avenida Rui Barbosa

Localizada na zona norte da cidade do Recife, a Avenida Conselheiro Rosa e Silva possui 3 faixas e sentido de escoamento que vai do centro em direção ao norte da cidade. A via que compõe esse corredor é a Avenida Rui Barbosa, ambas as Avenidas sofrem diariamente com o fluxo intenso de veículos, especialmente de veículos particulares. O corredor está localizado em um bairro nobre da zona norte, e para muitos que vêm da zona sul da cidade não existem muitos caminhos alternativos. Razão pela qual os congestionamentos ocorrem não apenas nas horas de pico, mas em diversas horas do dia. Ao longo destas duas avenidas encontram-se diversos edifícios, escolas e comércios. Sua demanda por sentido na hora do pico é 13658 passageiros.

Realizando as mesmas considerações feitas anteriormente para Tramway, a quantidade de trens necessários para escoar o total de 13658 passageiros na hora de pico:

$$Número\ de\ trens = \frac{13658}{350} = 39\ trens$$

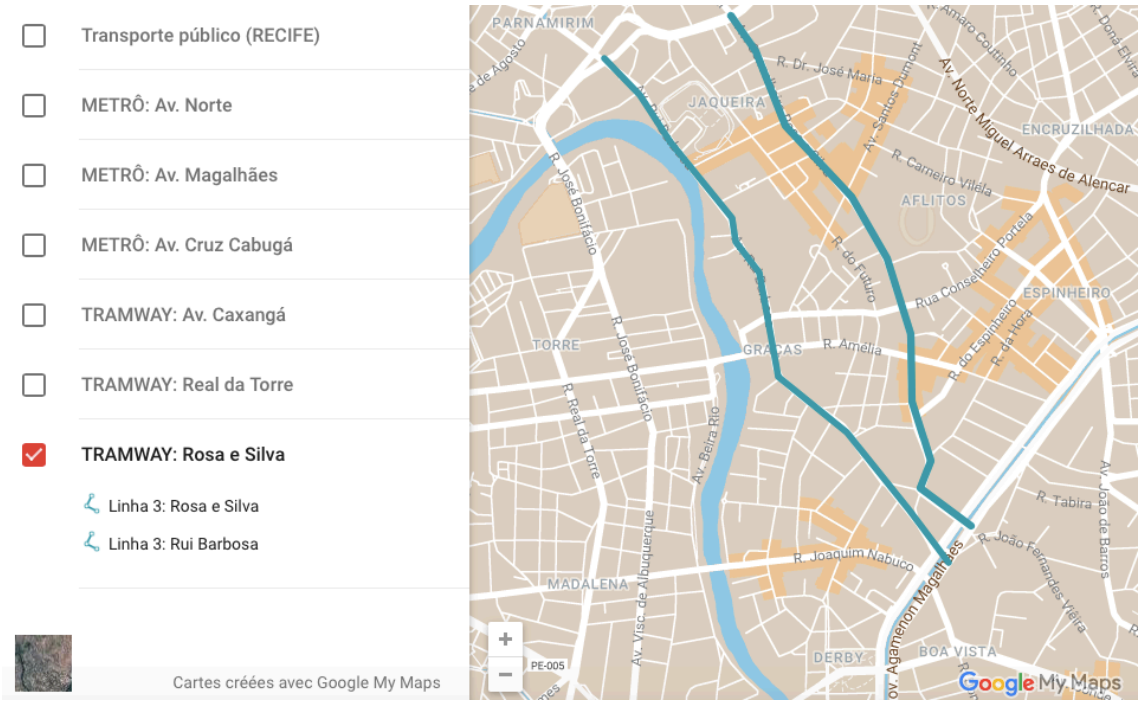
O intervalo entre a saída de cada ônibus:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60\ minutos}{39} = 1{,}5\ minutos$$

A solução de Tramway é adequada para a localidade, tanto por atender a demanda, mas também por se tratar de uma zona nobre da cidade. O objetivo de incentivas a população a se locomover com transporte coletivo precisa se adequar com a situação social de cada localidade, sendo assim, a implantação de um Tramway que não apenas é agradavelmente esteticamente, mas é um sistema eficiente, sustentável e confortável para o usuário, torna-se a solução para a avenida em questão.

A solução de linha proposta teria integração com a linha de metrô da Av. Agamenon Magalhães e a linha de Tramway da Real da Torre e Estrada dos Remédios e terá uma extensão total de trilhos de 4,9 km, sendo 2,4 km para cada sentido.

Figura 25 - Traçado da linha de Tramway da Av. Rosa e Silva / Av. Rui Barbosa



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

3.3.9 Avenida Norte Miguel de Arraes de Alencar

É considerada uma das mais importantes avenidas da cidade do Recife, ela tem quase 9 km de extensão. Começa na Rua da Aurora, no bairro de Santo Amaro, e termina no bairro da Macaxeira, na BR-101, perto ao Terminal Integrado de Passageiros. Tem um grande fluxo de pessoas pois cruza diversos bairros populares, passa por um total de dez, e leva ao centro da cidade, mais de 200.000 pessoas circulando diariamente nos transportes coletivos.

A sua demanda no horário de pico por sentido é de 22435 passageiros. Por se tratar de uma via que possui apenas duas faixas em cada direção, número considerado baixo para uma via de tanta importância, a melhor solução neste caso é a implementação de uma linha de metrô subterrânea.

Sendo assim, considerando um metrô padrão com 4 carros e cada carro com uma capacidade de 300 pessoas:

$$Capacidade = 4x300 = 1200\ passageiros$$

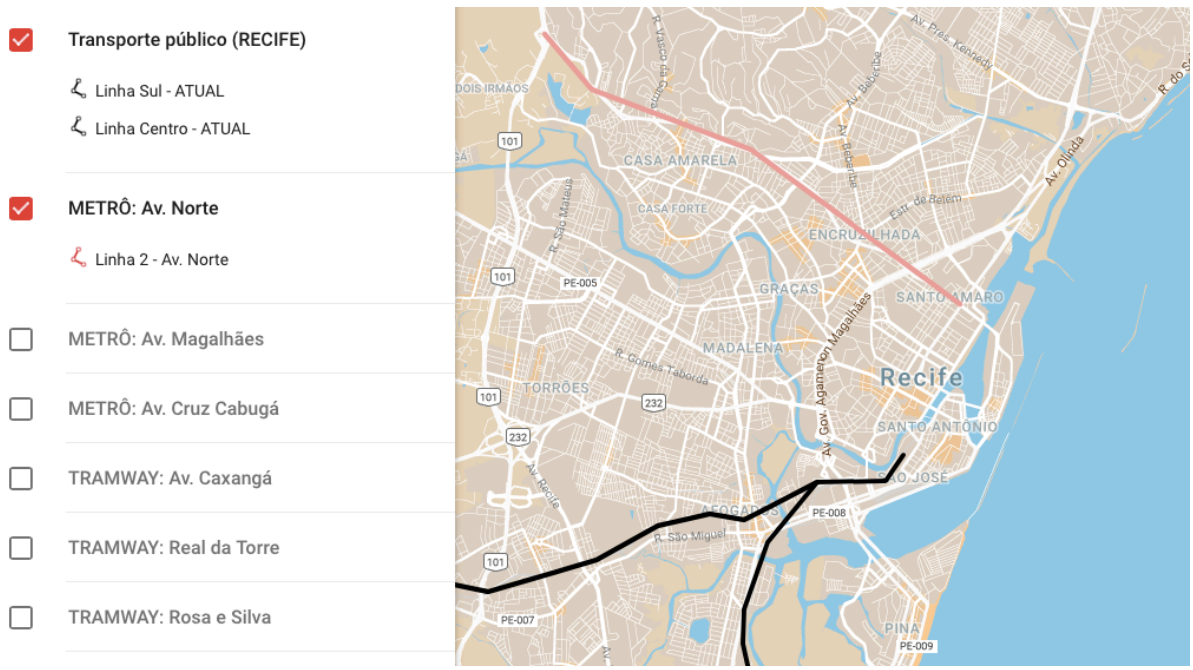
Determinando o número de trens necessários para escoar essa população:

$$Número\ de\ trens = \frac{22435}{1200} = 18{,}7 \sim 19\ trens$$

Sabendo que a frequência máxima que esses metrôs podem operar são de no máximo 90 segundos de intervalo, em casos críticos, mas um intervalo de 3 minutos entre cada trem já é satisfatório:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60min}{19} = 3{,}1\ minutos$$

Figura 26 - Traçado da linha de metrô da Av. Norte



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

A linha possuirá um comprimento aproximado de 8 km com 12 estações de metrô para melhor servir a população.

3.3.10 Avenida Cruz Cabugá

Importante avenida arterial, conhecida por ligar Recife à Olinda. Localizada no bairro de Santo Amaro, seu nome foi uma homenagem a um herói da revolução de 1817. Conhecida nos últimos tempos por abrigar diversas igrejas, a avenida também é a casa do Cemitério dos Ingleses.

A Cruz Cabugá escoa a população oriunda de Olinda, Paulista, Janga, e diversas praias ao norte da cidade. Considerando que o dado fornecido só contabiliza os passageiros catracados, isto é, os passageiros que ingressaram no ônibus nesta avenida, não reflete a realidade desta via. Por se tratar de um eixo que conta com contribuições de origens diversas, seria então, necessário, para propor a melhor solução o estudo dos dados da RMR e não apenas da cidade do Recife.

Na via passa o sistema BRT, também parte do projeto para a Copa do Mundo de 2014. A julgar pelos dados concentrados, a solução seria Tramway de maneira semelhante ao da Avenida Caxangá, onde também já existe BRT, mas que também já encontra-se esgotado.

Deste modo, ao planificar uma nova linha de transporte público, para garantir sua eficácia ela deve vir desde Olinda. Atualmente na avenida já existe uma linha de BRT implantado, entretanto, ao comparar os valores da demanda com os suportados pelo sistema BRT implantado na cidade, pode-se observar que o mesmo também já se encontra esgotado.

Considerando as informações já ditas anteriormente sobre as especificidades do Tramway, a quantidade de trens necessários para escoar o total de 17824 passageiros na hora de pico:

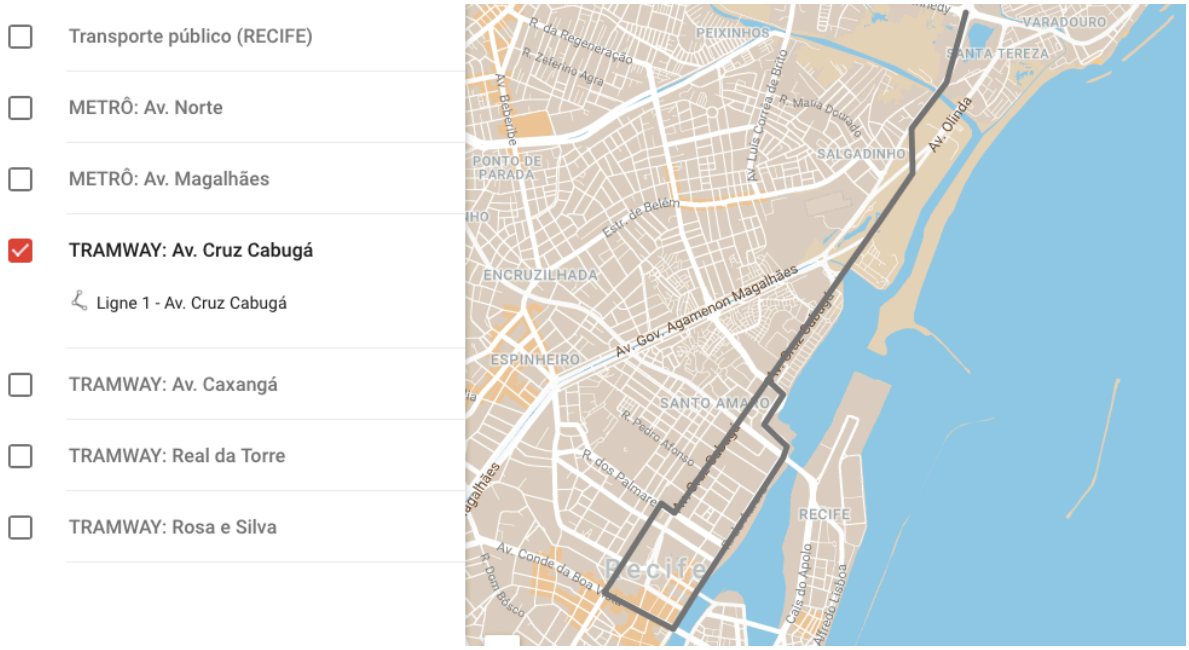
$$Número\ de\ trens = \frac{17824}{350} = 50{,}9 \sim 51\ trens$$

O intervalo entre a saída de cada ônibus:

$$Intervalo\ entre\ trens = \frac{60\ minutos}{51} = 1{,}2\ minutos$$

Esta nova linha de Tramway faria integração com o metrô da Av. Norte e em determinadas paradas seria possível para o passageiro mudar para as estações de metrô da Av. Agamenon Magalhães devido à proximidade. A linha tem um total de 8,6 km de extensão.

Figura 27 - Traçado da linha de Tramway da Av. Cruz Cabugá



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

3.4 Considerações finais

Para efeito de visão de conjunto, está apresentado abaixo um quadro resumo destacando os corredores e os modos recomendados e também um mapa assinalando de forma esquemática os corredores e seus modos propostos.

Tabela 7 - Quadro resumo das tecnologias adotadas nos dez corredores

Corredores	Modo Recomendado
Av. Gov. Agamenon Magalhães	Metrô
Av. Marechal Mascarenhas de Morais	Ônibus
Av. Dr. José Rufino - Rua São Miguel	Ônibus
Av. Recife	Ônibus
Av. Abdias de Carvalho - BR-232	Ônibus
Av. Caxangá	Tramway
Rua Real da Torre - Rua João Ivo da Silva	Tramway
Av. Conselheiro Rosa e Silva - Av. Rui Barbosa	Tramway
Av. Norte Miguel de Arraes de Alencar	Metrô
Av. Cruz Cabugá	Tramway

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Desde a década de 70, com o crescimento da população da RMR e da frota de veículos, o sistema de transporte público de passageiros do Recife foi levado à uma situação insustentável. Mesmo com os esforços desenvolvidos até então, como melhoramento dos serviços existentes, criação do BRT, implantação de vias exclusivas para ônibus, criação de novas vias, ainda assim, isto não foi suficiente para melhorar a qualidade do transporte de massa da RMR.

O problema da mobilidade urbana no Recife decorre do fato de que a maioria das vias da cidade já operam há anos nos seus limites de capacidade e o constante aumento de veículos sem o aumento correspondente de vias está levando a cidade a ter engarrafamentos cada vez mais significativos e um descontentamento da população.

Os congestionamentos hoje existentes produzem baixas velocidades médias de fluxo, aumentando os tempos de viagem para a população em geral, tanto para quem utiliza transporte público como para quem utiliza transporte privado. Sabendo-se que ônibus é o transporte público mais significante na cidade do Recife, esta constatação gera um problema, pois a única solução é a utilização de faixa exclusiva para ônibus que até os dias atuais só foi implantada em algumas ruas e avenidas e no recém-inaugurado BRT.

Após o estudo de como funciona o transporte público no Recife pode-se concluir que o mesmo precisa de muitas melhorias para algum dia ser uma opção atrativa para toda a população. Um dos objetivos para melhorar a qualidade de vida dos recifenses é reduzir o tempo de deslocamento de todos para ir ao trabalho, escola ou lazer, porém para atingir este objetivo é preciso reduzir o número de transportes individuais. Para conseguir que alguém que utiliza um carro para se locomover prefira deixá-lo de lado e utilizar transporte público, o mesmo precisa tornar-se atrativo, porém, com a realidade atual de baixa velocidade, terminais congestionados, crescente aumento de tempo de viagem, esta realidade está cada vez mais longe.

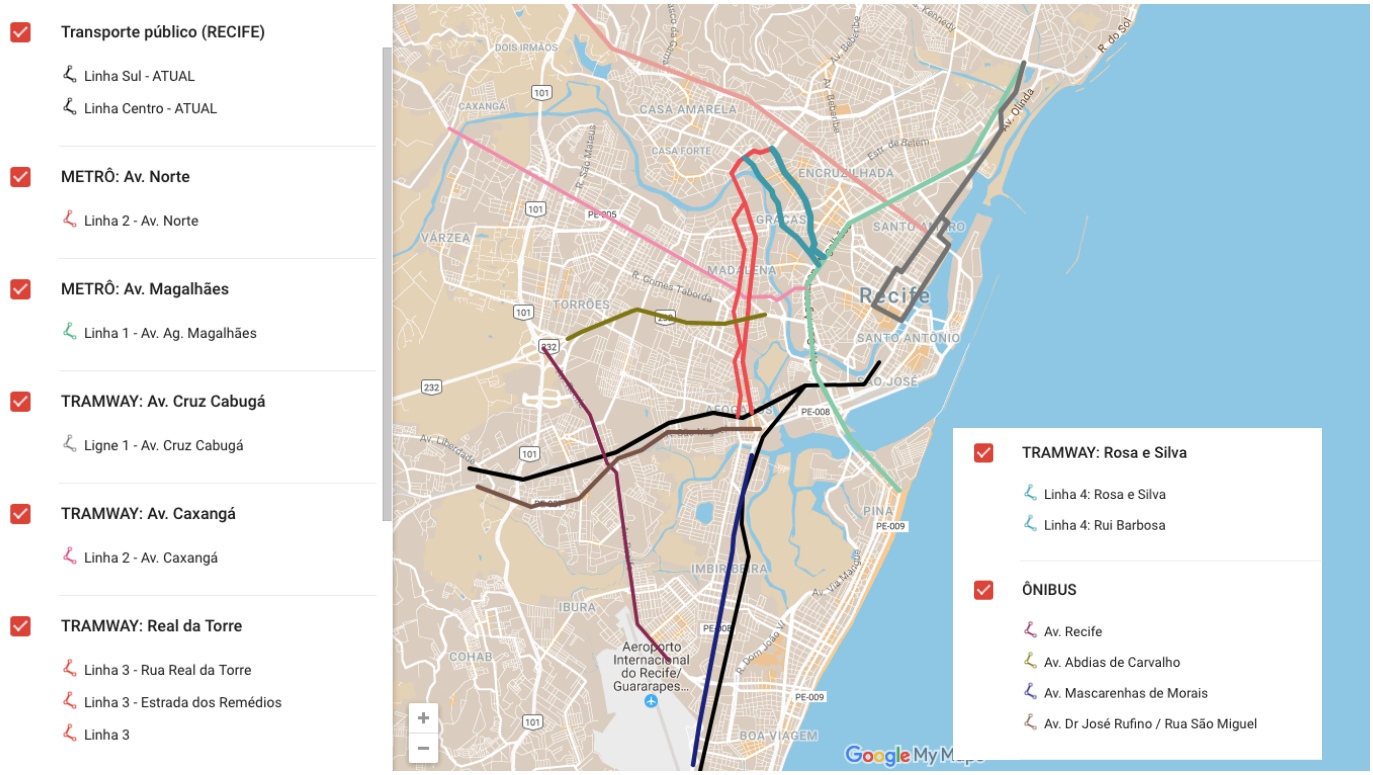
Tendo em vista todos os pontos citados anteriormente, o objetivo deste trabalho foi de propor qual sistema de transporte deveria estar em funcionamento hoje em dia para conseguir escoar o mesmo número de pessoas que transitam com os transportes coletivos todos os dias. Ao analisar os números deste trabalho pode-se verificar a urgência da situação. O sistema implantado atualmente não consegue dar conta de transportar com qualidade a demanda,

sendo imprescindível uma resposta dos gestores públicos para dar uma solução para o futuro da cidade.

Os critérios para escolha de uma malha de transporte são diversos, um dos pontos, mas não único, é a confrontação entre oferta e demanda. Outros pontos que podem ser abordados são: eficácia energética dos modos implantados, sustentabilidade, adequação à paisagem da cidade, financeiro, dentre outros.

A proposta deste projeto é a implantação de uma malha de transporte coletivo que inclui metrô, Tramway, BRT e ônibus convencional. No decorrer do estudo foi possível observar o esgotamento de alguns destes meios que já operam na cidade, ressaltando, a importância de um novo projeto que contemple a demanda atual e a demanda futura. A seguir encontra-se o mapa resumo dos modos de transporte dos dez principais corredores da cidade:

Figura 28 - Mapa dos corredores dez corredores com solução final



Fonte: Mapa elaborado pela autora utilizando MyMaps (2017)

REFERÊNCIAS

ARROYO, Alfonso. *VLT (Tramway) x VLT (Light Rail)*. **Blog Tramway Brasil – VLT**. Disponível em: <http://www.tramway.com.br/wordpress/?page_id=180>. Disponível em: 18 mar. 2017.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANDO DO BRASIL. Recife – PE. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/recife_pe>. Acesso em: 10 mar. 2017.

CAMBOIM PITTA. Juliana. **Anotações de Aula da Disciplina Transportes Urbains**, École des Ingenieurs de la Ville de Paris, Paris, 2014.

CLARET REIS DE ANDRADE, Antônio Maria. *Os modos de Transporte Urbano de Passageiros*. Disponível em: <http://ie.org.br/site/ieadm/arquivos/arqnot9581.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2017

Como foi construído o primeiro metrô do mundo. **Mundo Estranho**. Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/historia/como-foi-construido-o-primeiro-metro-do-mundo/>. Acesso em: 26 mar. 2017

DAVIDSON, James. *Tejipió – um ex-bairro de Jaboatão*. **Jaboatão dos Guararapes Redescoberto**. Disponível em: <http://jaboataodosguararapes.blogspot.com.br/2008/11/tejipi.html>. Acesso em: 6 mai. 2017.

FARIAS, Jaqueline Ferreira Campelo de; VERARDI, Cláudia Albuquerque. *Macaxeira (bairro, Recife)*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br//>. Acesso em: 6 mai. 2017.

GASPAR, Lúcia. *Avenida Caxangá, Recife, PE*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar>. Acesso em: 6 mai. 2017.

GASPAR, Lúcia. *Bondes de Olinda*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: < http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>. Acesso em: 17 mar. 2017.

GERICKE, Gerda. *1863: Londres inaugura o primeiro metrô do mundo*. **Deutsche Welle Online**. Disponível em: <http://www.dw.com/pt-br/1863-londres-inaugura-o-primeiro-metrô-do-mundo/a-297312>. Acesso em: 27 mar. 2017

GLOBO NORDESTE. Avenida Recife ganha corredor exclusivo de ônibus nesta segunda. G1 Gl PE. **Globo Nordeste**. Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/07/avenida-recife-ganha-corredor-exclusivo-de-onibus-nesta-segunda.html>. Acesso em: 6 mai. 2017.

GLOBO NORDESTE. Em PE, VLTs do Cabo começam a operar e beneficiam 35 mil pessoas. Gl PE. **Globo Nordeste**. Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2013/03/em-pe-vlts-do-cabo-comecam-operar-e-beneficiam-35-mil-pessoas.html>. Acesso em: 25 mar. 2017.

Google My Maps. Disponível em: <https://www.google.com/maps/d/>. Acessado em: 15 mar. 2017.

GRANDE RECIFE. *BRT Via Livre*. **Grande Recife**. Disponível em: <http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/brt-via-livre>. Acessado em: 15 mar. 2017.

IBGE. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10/03/2017.

Instituto de Energia e meio ambiente. *Diagnóstico da Mobilidade Urbana: Recife*. São Paulo, Dezembro 2016. Disponível em: <www.energiaeambiente.org.br>. Acesso em: 11 mar. 2017.

ITALIANI, Rafael. *63% dos usuários do Metrô de SP têm carro*. **O Estado de S.Paulo**. Disponível em: <http://sao-paulo.estadao.com.br/noticias/geral,63-dos-usuarios-do-metro-de-sp-tem-carro,1705468>. Acesso em: 5 mai. 2017.

JC ONLINE. Avenida Agamenon Magalhães: A espinha dorsal que liga o Recife a Olinda. **JC Online**. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/JC/sites/recifeolinda2010/av-agamenon.html>. Acesso em: 5 mai. 2017.

LIMA, Taís Carvalho de Andrade. *Diretrizes para implantação de uma malha de VLT na cidade do Recife* **Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco**. Departamento de Engenharia de Transportes. Recife, 2017. 57 pp.

LOGIT Engenharia Consultiva. *Conceitos e Elementos de Custos de Sistemas BRT*. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Brasília, 2010.

LOPES, Denise Lima. *Viabilidade do uso de modelos sintéticos integrados de uso do solo e transportes*. **Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2003. 203 pp.

Mapa, estações e dicas do metrô em Recife. **Blog Viagem de Férias**. Disponível em: <http://www.viagemdeferias.com/recife/informacoes/metro.php>. Acesso em: 25 mar. 2017.

METROREC - Os novos caminhos do Recife (PARTE-1). 7 minutos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PKruznCW1wk>. Acesso em: 25 mar. 2017.

MIRANDA, Amanda. *Av. Abdias de Carvalho: onde o pedestre não tem vez*. **JC Trânsito**. Disponível em: <http://noticias.ne10.uol.com.br/jc-transito/noticia/2015/04/30/av-abdias-de-carvalho-onde-o-pedestre-nao-tem-vez-544491.php>. Acesso em: 6 mai. 2017

NOVAES, A. G. *Modelos em Planejamento Urbano, regional e de Transportes*. **Edgard Blucher**, Ltda, São Paulo, 1982.

PASSOS, Tania. *Especialistas discutem prós e contras do transporte integrado na RMR*. **Blog do Diário de Pernambuco – mobilidade**. Diário de Pernambuco, Recife. Disponível

em: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/tag/integracao/>. Acesso em: 15 mar. 2017.

PASSOS, Tania. *Túnel da Abolição do Recife encolheu meio metro na execução da obra*. **Blog do Diário de Pernambuco – mobilidade**. Diário de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/2015/05/tunel-da-abolicao-encolheu-meio-metro/>. Acesso em: 06 mai. 2017.

PASSOS, Tania. *Um novo olhar para o transporte integrado fora dos terminais*. **Blog do Diário de Pernambuco – mobilidade**. Diário de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://blogs.diariodepernambuco.com.br/mobilidadeurbana/tag/perimetrais/>. Acesso em: 23 mar. 2017.

PREFEITURA DO RECIFE. Transporte Complementar. **Prefeitura do Recife**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/transporte-complementar>. Acesso em: 24 abri. 2017.

SOARES, Roberta. *Inspeção constata a péssima acessibilidade do metrô do Recife*. **JC Online**. Disponível em: <http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2017/01/30/inspecao-constata-pessima-acessibilidade-do-metro-do-recife/>. Acessado em: 22 mar. 2017.

SOARES, Roberta. *Sabemos, mas não queremos ver nem resolver. Essa é a situação da mobilidade urbana do Recife, segundo o lema*. **JC Online**. Disponível em: <http://jc.ne10.uol.com.br/blogs/deolhonotransito/2017/03/11/sabemos-mas-nao-queremos-ver-nem-resolver-essa-e-a-situacao-da-mobilidade-urbana-do-recife-segundo-o-iema/>. Acessado em: 11 mar. 2017

SOUZA, M. A. e BITON, J. e RIBEIRO, L.C. *Recife: transformações na ordem urbana*. **Letra Capital**, Rio de Janeiro, 2015.

TransLohr – Tramway. **Nouvelle Génération de Transports**. Disponível em: <http://newgentransp.e-monsite.com/pages/transports-ferroviaires/translohr-tramway.html>. Acesso em: 17 mar. 2017.

Trem Metropolitano do Recife – MetroRec: Um documentário histórico. Disponível em: <http://vfco.brazilia.jor.br/TU/MetroRec/trem-metropolitano-do-Recife-1985.shtml>. Acesso em: 26 mar. 2017.

VAINSENCHER, Semira Adler. *Ingleses em Pernambuco*. **Pesquisa Escolar Online**, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php>. Acesso em: 6 mai. 2017.

VARGAS, Júlio Celso. *Modelagem de Transportes: Estado da Prática, Crítica, Avanços e Desenvolvimentos*. **PPGEP – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção UFRGS** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. *Mobilidade Urbana e Cidadania*. **SENAC NACIONAL**, Rio de Janeiro, 2012.

WIKIPÉDIA. *Tramway*. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. Disponível em: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tramway#cite_note-noteAngers-26 >. Acesso em: 18 mar. 2017.