

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO ESTRATÉGICA**  
**DO TERRITÓRIO URBANO**

**SHADIA SILVEIRA ASSAF BORTOLAZZO**

**O VLT COMO ALTERNATIVA DE TRANSPORTE**  
**URBANO SUSTENTÁVEL**

**Porto Alegre**

**2012**

**SHADIA SILVEIRA ASSAF BORTOLAZZO**

**O VLT COMO ALTERNATIVA DE TRANSPORTE  
URBANO SUSTENTÁVEL**

**Trabalho de conclusão de curso de Especialização apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica do Território Urbano, pelo curso de Especialização em Gestão Estratégica do Território Urbano da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.**

**Orientadora: Nívea Maria Oppermann Peixoto**

**Porto Alegre**

**2012**

**SHADIA SILVEIRA ASSAF BORTOLAZZO**

**O VLT COMO ALTERNATIVA DE TRANSPORTE URBANO  
SUSTENTÁVEL**

**Trabalho de conclusão de curso de Especialização apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica do Território Urbano, pelo curso de Especialização em Gestão Estratégica do Território Urbano da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.**

**Orientadora: Nívea Maria Oppermann Peixoto**

**Aprovado em \_\_\_\_ de outubro de 2012**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.**

---

**Prof.**

---

**Prof.**

**Porto Alegre**

**2012**

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,  
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível.”*

*Charles Chaplin*

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo agradeço a Deus por se manter ao meu lado me abrindo portas e mostrando oportunidades. Agradeço a minha mãe Natércia por ser minha eterna incentivadora. Ao meu marido Gustavo que, sempre ao meu lado, incansável, me motiva e me entende.

Faço aqui um agradecimento especial a minha chefe Rosi Guedes Bernardes, que me apoiou desde o primeiro momento, e continua sendo uma grande propulsora do meu crescimento profissional, o que considero grandioso.

Agradeço a minha irmã Sabrina que mesmo não sendo da área afim, usou da sua experiência acadêmica para me ajudar nas revisões dos textos.

A minha orientadora Nívea, por ter me instruído pacientemente e me ajudado na melhor abordagem dos temas propostos.

## **RESUMO**

O anseio da maioria dos gestores das cidades, atualmente, está em implantar sistemas de transportes urbanos eficientes e sustentáveis que ofereçam rapidez e acessibilidade na mobilidade do usuário, além de contribuírem para a despoluição ambiental. Nesse contexto, este trabalho estuda o VLT como alternativa de transporte urbano e tem como objetivo descrever suas características técnicas, como um veículo leve de média capacidade; características ambientais, como um sistema de transporte não poluente; e características funcionais, como transporte integrado com outros sistemas modais. Por fim, é abordado o cenário do transporte urbano em Porto Alegre, simulando a possibilidade de integração do sistema VLT aos outros modos de transporte existentes e projetados na cidade, e identificando as melhorias que ele pode proporcionar quanto à revitalização do espaço urbano.

Palavras chave: Transporte. VLT. Sustentabilidade. Mobilidade.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
2.1 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE .....	12
2.2 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E O VLT.....	17
2.3 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO TRANSPORTE E A POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA .....	21
<b>CAPÍTULO 3 - VEÍCULOS LEVES SOBRE TRILHOS: TECNOLOGIA DE TRANSPORTE A FAVOR DA SUSTENTABILIDADE.....</b>	<b>24</b>
3.1 CONCEITO.....	24
3.2 O SISTEMA VLT NO CENÁRIO ATUAL DE QUALIFICAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO .....	24
3.3 AS VANTAGENS DO SISTEMA VLT .....	26
3.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, OPERACIONAIS, DE SEGURANÇA E CONFORTO DO VLT .....	30
3.5 ESTUDO DE DEMANDA .....	35
3.5.1 <i>Demanda Atendida Pelo Sistema VLT</i> .....	37
3.5.2 <i>Articulação Do Sistema VLT Com O Restante Da Rede De Transporte Coletivo.</i> .....	39
3.6 ESTIMATIVA DE CUSTO: VLT E OUTROS MODOS DE TRANSPORTE URBANO .....	40
3.6.1 <i>Conceitos E Referências</i> .....	40
3.6.2 <i>O Custo Do Investimento VLT</i> .....	40
<b>CAPÍTULO 4 – O TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE E AS PERSPECTIVAS PARA O VLT. ....</b>	<b>45</b>
4.1 O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE .....	46
4.1.1 <i>A RMPA e a Influência na Mobilidade Urbana de Porto Alegre</i> .....	43
4.2 ESTRATÉGIA DE MOBILIDADE URBANA EM PORTO ALEGRE.....	50
4.2.1 <i>O Plano Diretor de Porto Alegre e a Mobilidade Urbana</i> .....	51
4.3 INTEGRAÇÃO MULTIMODAL: O VLT NA REDE MODAL DE PORTO ALEGRE .....	53
4.3.1 <i>Metodologia Utilizada</i> .....	55
4.3.2 <i>Interpretação dos Resultados</i> .....	55
4.3.3 <i>Eixos Escolhidos</i> .....	62
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características da mobilidade da população do Rio de Janeiro em dois momentos distintos, 1950 e 2005.....	14
Figura 2 - Divisão modal de viagens motorizadas, áreas metropolitanas (1977).....	15
Figura 3 - Divisão modal de viagens motorizadas, áreas metropolitanas (2005).....	10
Figura 4 - O círculo vicioso do transporte público.....	11
Figura 5 - Poluentes emitidos pelos veículos, por modo.....	12
Figura 6 - Consumo de energia pelas pessoas, por modo.....	13
Figura 7 - VLT de Rotterdam – Holanda. ....	21
Figura 8 - VLT em Houston, Texas nos Estados Unidos.....	21
Figura 9 - Tramway de Bordeaux – França.....	23
Figura 10 - VLT de Barcelona – Espanha.....	23
Figura 11 - Vantagens e desvantagens entre os modos de transporte. ....	25
Figura 12 - Tramway em Paris – França .....	32
Figura 13 - VLT de Zaragoza – Espanha. ....	34
Figura 14 - Características das tecnologias de transporte coletivo de alta e média capacidade. .....	34
Figura 15 - Velocidade média de tráfego dos diferentes modos. ....	30
Figura 16 - Dados operacionais do transporte coletivo – 2010.....	31
Figura 17 - Demanda no transporte coletivo (bilhões de viagens por ano) – 2010.....	31
Figura 18 - Viagens motorizadas totais na hora de pico na cidade de Porto Alegre.....	32
Figura 19 - Capacidade de transporte dos diferentes modos.....	32
Figura 20 - Sistema VLT como substituição do ônibus em trechos superpostos.....	39
Figura 21 - Comparação entre BRT e LRT .....	42
Figura 22 - Prazo e custo de implantação por modo de transporte coletivo.....	43
Figura 23 - Comparação entre os diferentes modais de transporte .....	43
Figura 24- VLT - despesas de operação e manutenção.....	44
Figura 25 - VLT - despesas de infraestrutura (operação).....	44
Figura 26 - Malha viária básica de Porto Alegre.....	46
Figura 27 – Itinerários sobrepostos nos principais corredores e na área central de Porto Alegre. ....	48
Figura 28 - Localização geográfica dos municípios da RMPA e área de estudo do PITMUrb (2010). ....	49

Figura 29 - Pessoas da RMPA que trabalham ou estudam fora do município que residem.....	49
Figura 30 – Sistema Integrado de Transporte – tecnologia metrô leve e ônibus articulado.....	51
Figura 31 - Diagrama da estratégia de mobilidade urbana de Porto Alegre pelo PDDUA .....	53
Figura 32 - Distribuição espacial da população residente e em Porto Alegre e projeções de crescimento por zona de tráfego.....	56
Figura 33 - Carregamentos nos portões de acesso e redes transversais.....	58
Figura 34 - Carregamentos na área central.....	59
Figura 35 - Rede Estrutural Multimodal Integrada – BRT e fase 1 do MetrôPoa.....	60
Figura 36 - Rede Estrutural Multimodal Integrada – BRT e Fase 2 MetrôPoa.....	61
Figura 37 - Eixo 1: Ipiranga- Circular centro (eixo paisagístico-sustentável). ....	63
Figura 38 - Eixo 2: Zona Sul – Porto Alegre (eixo turístico-integrador). ....	65
Figura 39 - Eixo 3: Metropolitano – Porto Alegre (eixo urbanizado).....	66
Figura 40 - Eixos simulados para o VLT em Porto Alegre.....	67

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O crescimento da população urbana trouxe como consequência um aumento da necessidade por mobilidade. Para atender essa demanda crescente nas grandes cidades, as pessoas têm buscado no transporte individual motorizado, a forma de vencer as distâncias e cumprir com suas necessidades diárias de trabalho, estudo e lazer.

O reflexo disso se mostra através da indesejável situação atual do trânsito nas cidades, como a penalização da circulação do pedestre, o aumento do número de acidentes, a perda cada vez maior do espaço urbano para a circulação e estacionamento de automóveis e a intensificação das concentrações de gases, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera.

Diante disso, investir em novas tecnologias de transporte público coletivo que possam atrair as pessoas, satisfazendo suas necessidades, é o grande desafio das políticas públicas hoje, especialmente em países em desenvolvimento econômico e social, como o Brasil.

Um bom sistema de transportes oferece muitos benefícios à sociedade, estando diretamente conectado ao seu desenvolvimento. Os avanços tecnológicos nesses sistemas contribuem para a qualidade de vida e expandem as oportunidades na busca pela felicidade. (JEFFERSON, T., 1976).

Segundo Vuchic (2007), em todo o mundo, várias cidades têm demonstrado interesse em aprimorar seu transporte coletivo através da adoção de sistemas de transporte de alta e média capacidades, que ofereçam benefícios, com o, por exemplo: alta frequência, vias segregadas e priorização em relação aos automóveis; características essas similares as de sistemas de alta capacidade, mas com apenas uma parcela do custo.

Nesse contexto, o *light rail transit* (LRT), conhecido no Brasil com o veículo leve sobre trilhos (VLT) é um sistema de média capacidade que se caracteriza por utilizar predominantemente vias segregadas e apresentar alto desempenho em capacidade, confiabilidade, eficiência energética (energia limpa), velocidade, preservação ambiental e atração de passageiros, combinando as principais qualidades dos sistemas ferroviários com uma infraestrutura mais leve e de menor custo.

O objetivo deste trabalho é estudar o VLT como uma alternativa de transporte urbano sustentável, descrevendo suas características técnicas, como um veículo leve de média capacidade, características ambientais, com um sistema de transporte não poluente, e características funcionais, com o modal integrado com os outros meios de transporte. Será abordado, também, o cenário do transporte urbano em Porto Alegre, simulando a possibilidade do sistema VLT se integrar aos outros modais de transporte existentes, e

projetados na cidade, e as melhorias que ele pode proporcionar na revitalização do espaço urbano.

O trabalho, em seu capítulo II, faz uma revisão bibliográfica abordando, numa visão geral, o transporte no Brasil e no Mundo. Começa com a evolução dos meios de transporte, desde o início dos anos 1800 até os dias de hoje, enfatizando a importância do transporte para a sociedade, em termos de qualidade de vida; e para o meio ambiente, em termos de sustentabilidade, quando novos sistemas de transporte, como o VLT, são fornecidos. Descreve também sobre o planejamento estratégico de transporte necessário para que as políticas de mobilidade sustentável atendam satisfatoriamente às necessidades futuras da população e da cidade.

O Capítulo III apresenta uma caracterização do veículo leve sobre trilhos – VLT no âmbito da qualificação do transporte público. Descrevem-se as características técnicas, operacionais e de capacidade do veículo tipo, sua funcionalidade e aplicabilidade. São apresentadas as vantagens oferecidas por essa alternativa de transporte, que renova a paisagem urbana e promove a mobilidade sustentável, e uma estimativa de custo e desempenho, quando comparado com outros meios de transporte de igual capacidade utilizados nas grandes cidades.

O Capítulo IV aborda sobre o cenário atual do transporte público em Porto Alegre. Através da interpretação de mapas temáticos e resultados de estudos de demanda da rede viária, propõe, no contexto de rede multimodal integrada, estudar a possibilidade de implantação do VLT em Porto Alegre, integrando-o com outros modos de transporte já utilizados e com os projetados para o futuro da cidade. O Capítulo V finaliza o trabalho apresentando suas conclusões e perspectivas.

## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE

A evolução dos sistemas de transporte no mundo, ao longo dos séculos, causou grandes alterações no tempo de viagem dos passageiros. No início do século XIX, uma viagem de quinhentos quilômetros levava doze dias por diligência. Entretanto, com o desenvolvimento constante de tecnologias de transporte os tempos de viagem foram sucessivamente reduzidos. Hoje, percorrem-se quinhentos quilômetros em cinco horas por transporte rodoviário e cinquenta minutos por via aérea.

No século XIX, a construção de vias pavimentadas não era uma prioridade, pois a maioria do tráfego era realizada por embarcações e posteriormente por estradas de ferro. Nos Estados Unidos, os canais eram a modalidade dominante durante o período de 1800-1840, atendendo tanto às necessidades de transporte de carga quanto de passageiros, com baixo custo, proporcionando acesso a locais antes inacessíveis.

Durante o mesmo período em que os canais estavam sendo construídos, o transporte ferroviário emergia lentamente como nova modalidade de transporte norte-americano. No Brasil, em 1859, começava a circular experimentalmente o primeiro bonde, por iniciativa de Thomas Cochrane, que para tal, criou a “Companhia de Carris de Ferro da Cidade à Boa Vista”. Após trocar a força animal pelo motor a vapor, a Companhia faliu em 1866. Mais tarde, em 1868, com a inauguração da Botanical Garden Railroad Company, no Rio de Janeiro, ocorre a retomada dos trilhos no Brasil<sup>1</sup>.

Os bondes elétricos começaram a chegar no Brasil a partir de 1892, também pelo Rio de Janeiro, e mudaram radicalmente o cotidiano urbano. Eram o passaporte para o mundo, vistos com medo e admiração, mesmo que este se restringisse aos limites do município (ANDRADE, Oswald de; *O Bonde e a Cidade*).

No início do século XX, as ferrovias tornaram-se a modalidade de transporte dominante nos Estados Unidos, tanto para passageiros como para carga, com uma vasta rede de linhas ferroviárias que atingiu seu pico de 416.000 km em 1915. O transporte sobre trilhos conquistou governantes, investidores e passageiros e ganhou espaço no transporte urbano influenciando o desenvolvimento das cidades norte-americanas<sup>2</sup>.

---

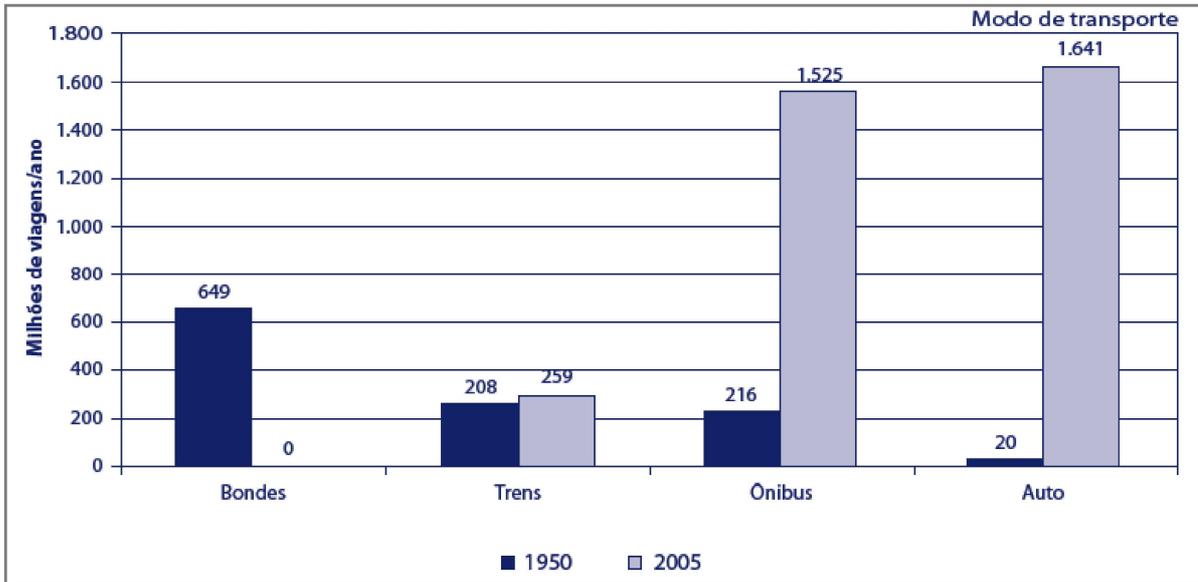
<sup>1</sup> <http://www.almanaquebrasil.com.br/cultura/5573-para-nao-perder-o-bonde-da-historia.html>.

<sup>2</sup> LESTER, A., Hoel. Engenharia de infraestrutura de transportes. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

Nos Estados Unidos, o bonde elétrico foi um avanço revolucionário no transporte urbano. As linhas ganharam traçado radial, se espalhando a partir do centro das cidades em direção às comunidades residenciais e aos parques de lazer, estrategicamente localizados em pontos de conexão e, ao final das linhas, formando um novo padrão de uso do solo. O bonde elétrico provou então ser popular, tendo atingido um pico de utilização em 1926. Várias cidades norte-americanas construíram linhas de bonde.

No Brasil, a partir da década de 1920, os bondes elétricos começaram a sofrer a concorrência dos ônibus, que passaram a ser utilizados nas grandes cidades do país para atender uma demanda de pessoas em novos bairros que os trilhos do sistema de bondes não conseguiam alcançar (Vasconcellos, 2005). O transporte rodoviário por ônibus foi gradualmente substituindo o bonde. E especificamente em São Paulo, a grande seca de 1924 prejudicou o fornecimento de energia elétrica e a regularidade do serviço de bondes (Vasconcellos, 2005). O ônibus foi então ganhando as ruas das cidades brasileiras e os passageiros passaram a considerar este meio de transporte como a maneira rápida, barata e segura de se locomoverem. A produção de veículos automotores cresceu e os automóveis se multiplicaram nas avenidas com as técnicas de produção em série. Era a nova revolução nos transportes. Segundo Vasconcellos (2011), a grande transformação na mobilidade das pessoas nas cidades brasileiras começou a ocorrer na década de 1960, quando o processo intenso de urbanização se associou ao aumento do uso de veículos motorizados, tanto os automóveis, quanto os ônibus. Uma descrição significativa dessa transformação pode ser vista por meio do exemplo do Rio de Janeiro, apresentada no gráfico da Figura 1 a seguir.

Figura 1 - Características da mobilidade da população do Rio de Janeiro em dois momentos distintos, 1950 e 2005.



Fonte: Grupo de Estudos de Integração da Política de Transportes (GEIPOT, 1985) e Associação Nacional de Transporte Pública (ANTP, 2005).

Assim, a cidade mudou de uma mobilidade essencialmente pública e movida à eletricidade (o bonde e o trem) para outra que mistura a mobilidade pública e privada e depende essencialmente de combustíveis fósseis. (Vasconcellos, 2011).

As mesmas mudanças ocorreram em outras grandes cidades do Brasil, com a diferença de que em muitas delas o transporte público sob re trilhos tornou-se minoritário em relação ao transporte sobre pneus. (Vasconcellos, 2011)

Com a expansão das grandes cidades, era necessária maior capacidade de mobilidade urbana<sup>3</sup> e velocidade no transporte público urbano do que era oferecido pelas linhas de bonde e ônibus. Os sistemas de transporte público passaram então a ser construídos em elevadas e túneis, oportunizando sistemas de metrô, construído inicialmente em Londres, em 1863, e depois em Nova York, Chicago, Filadélfia, Cleveland e Boston.

No Brasil, a construção da primeira linha de metrô começou em 1968, no Estado de São Paulo. O metrô de São Paulo começou a operar dia 14 de setembro de 1974, quando foi

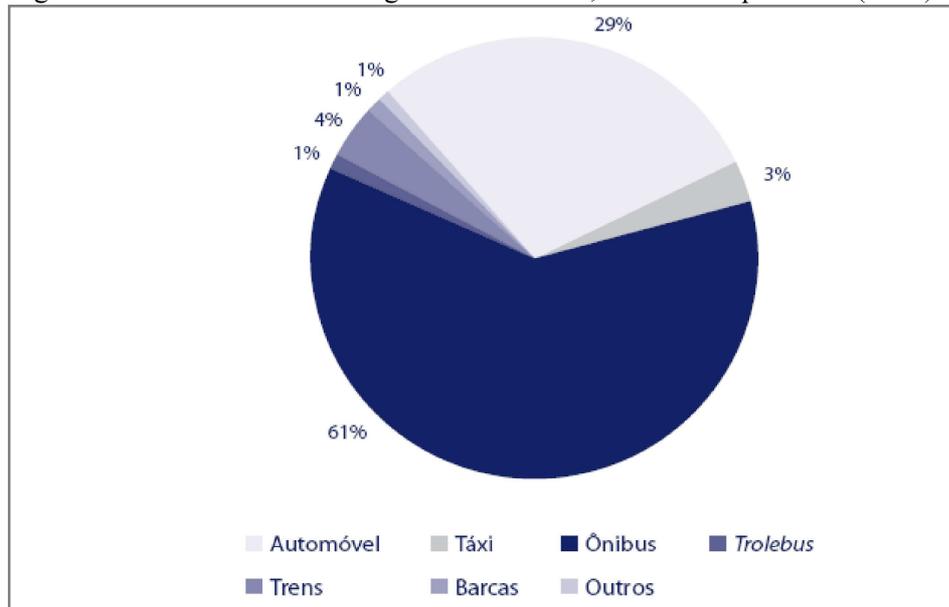
<sup>3</sup> A mobilidade urbana é um atributo das cidades e se refere à facilidade de deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano. Tais deslocamentos são feitos através de veículos, vias e toda a infraestrutura (vias, calçadas, etc.). É o resultado da interação entre os deslocamentos de pessoas e bens com a cidade. (Ministério das Cidades, 2004c, p. 13)

inaugurada a linha que unia Jabaquara e Vila Mariana, na zona sul da cidade; hoje, as cinco linhas do metrô paulistano transportam três milhões e meio de passageiros por dia<sup>4</sup>.

O final do século XX e início do século XXI são caracterizados por um modelo de transporte público urbano baseado no uso de combustíveis fósseis, conjuntamente com o rápido crescimento da utilização de veículos particulares. Como consequência, o volume de trânsito nas ruas continua aumentando a um ritmo mais rápido que a capacidade da malha viária, os congestionamentos causam problemas de mobilidade cada vez maiores nas cidades ao redor do mundo e a produção de GEE pelo setor de transportes já representa 25% do total mundial das emissões de CO<sub>2</sub> (IEA 2012)<sup>5</sup>.

As figuras 2 e 3 trazem dois gráficos que demonstram essa mudança recente ocorrida nas grandes regiões metropolitanas do Brasil, após 1980 (Vasconcellos 2011).

Figura 2 - Divisão modal de viagens motorizadas, áreas metropolitanas (1977).

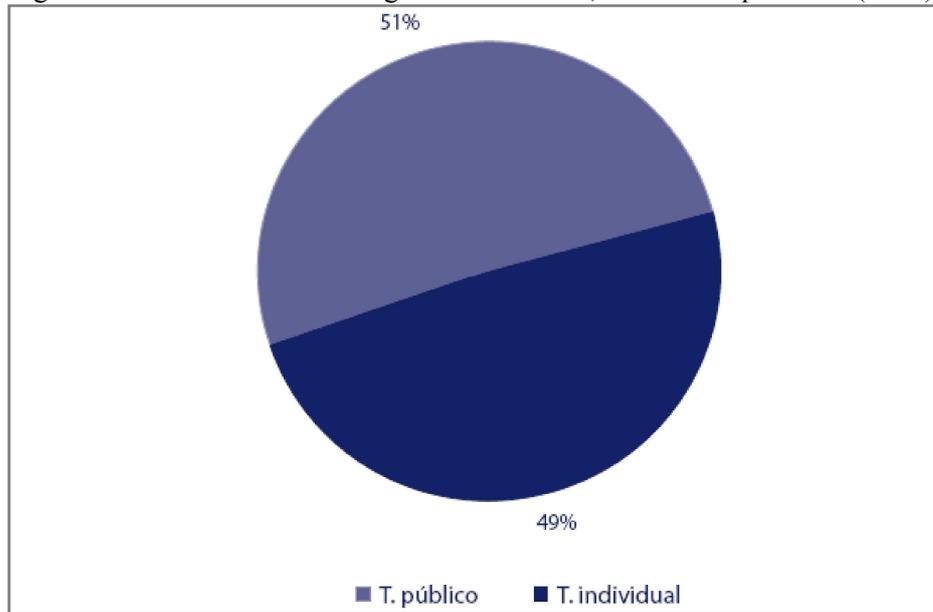


Fonte: GEIPOT (1985); áreas: São Paulo, Rio, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Curitiba, Belém, Fortaleza.

4 <http://www.almanaquebrasil.com.br/curiosidades-cultura/11394-inauguracao-do-metro-agitou-de-politicos-a-senhoras-catolica.html>

5 <http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2012/july/name,28859,en.html>

Figura 3 - Divisão modal de viagens motorizadas, áreas metropolitanas (2005).



Fonte: Vasconcellos (2005)

A partir da análise dos gráficos, observa-se a queda no uso do transporte público (de 68% para 51% do total de viagens motorizadas) e o aumento no uso do automóvel (de 32% para 49%). Essas mudanças estruturais tiveram enormes consequências nos gastos dos usuários, no consumo de energia e na geração de externalidades negativas, como a poluição, o congestionamento e os acidentes de trânsito (Vasconcellos, 2011).

O desafio do século atual, no âmbito do transporte urbano, está em descongestionar as avenidas promovendo para a cidade e para as pessoas uma modalidade de transporte não poluente, rápido, integrado à paisagem urbana, silencioso e a favor da mobilidade urbana sustentável<sup>6</sup>.

A Figura 4, apresentada a seguir, faz uma relação entre causas e consequências do cenário atual do trânsito nas grandes cidades. (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos -NTU).

<sup>6</sup> A sustentabilidade, para a mobilidade urbana, é uma extensão do conceito utilizado na área ambiental, dada pela “capacidade de fazer as viagens necessárias para a realização de seus direitos básicos de cidadão, com o menor gasto de energia possível e menor impacto no meio ambiente, tornando-a ecologicamente sustentável”. (BOARETO, 2003, p. 49). Neste trabalho, esse conceito será atribuído à mobilidade urbana sustentável.

Figura 4 - O círculo vicioso do transporte público.



Fonte: NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos)

## 2.2 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E O VLT

Nas últimas décadas, discussões relativas à sobrevivência no planeta e à manutenção das condições ambientais necessárias às próximas gerações têm permeado as esferas políticas, sociais e econômicas. Hoje, já existe consenso da necessidade de desenvolver padrões de vida que coexistam em equilíbrio com o meio ambiente, ao mesmo tempo em que suprem as demandas econômicas e sociais.

As necessidades sociais e econômicas das pessoas requerem seu deslocamento no espaço, que pode ser feito a pé ou por meio de veículos de transporte motorizados ou não motorizados. Em economias em desenvolvimento como o Brasil, as pessoas que moram nas cidades realizam, em média, dois deslocamentos por dia (média entre as que se deslocam e as que não se deslocam), valor correspondente à metade dos deslocamentos de pessoas em países desenvolvidos (VASCONCELLOS, 2002 apud Vasconcellos, 2011).

Nesse contexto, segundo Vasconcellos (2011), o transporte, por sua importância na estruturação e transformação das paisagens naturais e sociais, e como um dos maiores consumidores de recursos não-renováveis, é peça-chave na equação da sustentabilidade. Infelizmente, a maioria dos sistemas de transporte não se preocupa com esse problema.

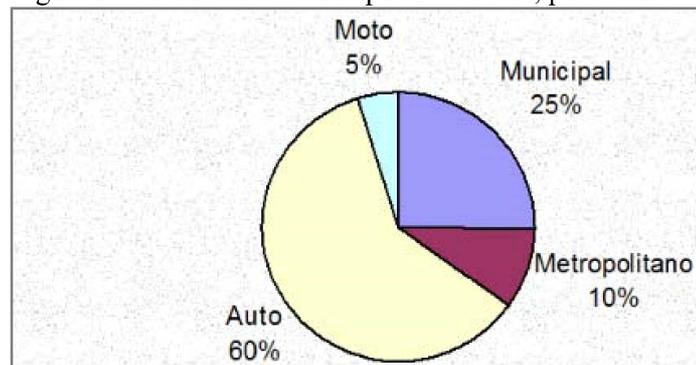
Para ser inserido nas modalidades de transporte urbano, o desenvolvimento sustentável<sup>7</sup> depende de planejamento e do reconhecimento de que os recursos naturais são finitos. O conceito de sustentabilidade para a mobilidade urbana representou uma nova forma de desenvolvimento econômico, que leva em conta o meio ambiente.

O problema da poluição atmosférica é grave, principalmente nas regiões metropolitanas, com grandes frotas de veículos automotores, sendo expressa pelos prejuízos à saúde da população em geral e dos idosos e crianças, em particular (Vasconcellos, 2011).

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA) e a União Internacional de Ferrovias (UIC), o setor dos transportes é responsável por quase um quarto das emissões mundiais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principalmente devido ao tráfego rodoviário. Desde 1990, o total de emissões de GEE (gases do efeito estufa) tem aumentado constantemente em todos os modos de transporte, exceto o ferroviário, o qual opera em todo o mundo e produz menos de 1% do total de emissões desses gases causadas pelo setor de transportes (IEA 2012).

De acordo com o Relatório Geral da Mobilidade Urbana da ANTP (2010), os veículos usados pelas pessoas emitem 28,2 milhões de toneladas de poluentes por ano nos seus deslocamentos (soma dos poluentes locais e do CO<sub>2</sub>). A maior parte (60%) é emitida pelos automóveis, seguida pelos ônibus (35%). A emissão de poluentes por porte de município varia de 207 a 1.422 gramas por habitante por dia, conforme o gráfico da Figura 5 a seguir.

Figura 5 - Poluentes emitidos pelos veículos, por modo.



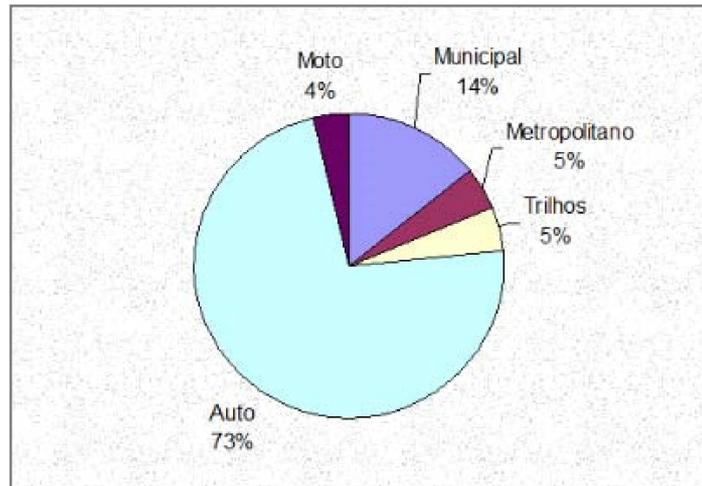
Fonte: ANTP 2010

Quanto ao consumo de energia, tal Relatório mostra que as pessoas consomem, por ano, cerca de 12,6 milhões de TEP (Toneladas Equivalentes de Petróleo) nos seus deslocamentos. A maioria desta energia (73%) é gasta no uso do automóvel. Ao transporte público cabem 23%

<sup>7</sup> Existem distintos conceitos sendo construídos sobre desenvolvimento sustentável. Para este trabalho serão considerados o crescimento econômico, a equidade social e o equilíbrio ambiental como princípios básicos para que o desenvolvimento possa ser considerado sustentável, conforme Bezerra e Ribeiro (1999).

do consumo de energia. A análise da variação do gasto de energia com o porte da cidade mostra que a energia gasta por habitante nas cidades com mais de 1 milhão de habitantes é oito vezes maior que aquela gasta nas menores cidades, variando entre 651 GEP (Grama Equivalente de Petróleo) até 77 GEP por habitante por dia, conforme o gráfico da Figura 6 mostrado a seguir<sup>8</sup>.

Figura 6 - Consumo de energia pelas pessoas, por modo.



Fonte: ANTP 2010

As questões relativas à mobilidade assumem hoje grandes proporções nas áreas urbanas. A realização das atividades diárias mais simples, como o acesso ao trabalho, educação, recreação, compras e aos serviços tem sido dificultada por problemas crescentes associados às condições de deslocamento e, por conseguinte, tem consumido uma proporção significativa de recursos financeiros, humanos e naturais com fortes impactos ao meio ambiente, entre os quais, aqueles relativos à poluição do ar e à degradação do patrimônio urbano. Desse modo, além de responsável por prejuízos econômicos e ambientais, a deficiência das condições que garantem a mobilidade traz também reflexos diretos ao convívio social e interatividade nas cidades (SILVA, 2006b).

A mobilidade sustentável propõe ações para reduzir esses impactos, no entanto, requer mudanças de paradigmas e valores. O uso racional dos automóveis, o investimento em transporte coletivo e o fomento ao uso de meios de transporte alternativos, como o VLT, são algumas dessas ações.

<sup>8</sup> É importante salientar que nem todas as pessoas se deslocam e muitas o fazem algumas vezes por mês, portanto estes dados médios por habitante são menores do que os dados que corresponderiam apenas às pessoas que se deslocam regularmente (ANTP-2012)

Sustentabilidade em transporte é o preenchimento das necessidades de mobilidade levando em conta o impacto causado ao meio ambiente e à manutenção da qualidade de vida dos seres humanos ao redor dos corredores utilizados para tal. (PORTAL DA SUSTENTABILIDADE, 2009).

No Brasil, o Ministério dos Transportes tem como referência para a orientação e evolução de sua política ambiental os preceitos de desenvolvimento sustentável, contribuindo para que as gerações futuras possam desfrutar da base de recursos naturais disponível no país.

A mobilidade sustentável tem como objetivo principal a redução dos impactos ambientais e sociais da mobilidade motorizada existente, tendo, entre outras, as características (www.ruaviva.org.br, 2009):

- Promove a eficiência e a qualidade nos serviços de transporte público, com apropriação social dos ganhos de produtividade decorrentes.
- Amplia o conceito de transporte para o diálogo e comunicação, através da utilização de novas tecnologias
- Promove o desenvolvimento das cidades com qualidade de vida, através de um conceito transporte consciente, sustentável, ecológico e participativo
- Contribui para a eficiência energética e busca reduzir a emissão de agentes poluidores, sonoros e atmosféricos
- Preserva, defende e promove, nos projetos e políticas públicas voltadas ao transporte público e à circulação urbana, a qualidade do ambiente natural e construído e o patrimônio histórico, cultural e artístico das cidades.

De acordo com alguns autores, as opções sobre trilhos existem e são essenciais para a formação da rede integrada de transportes. Para Quintella (2009), o sistema de transporte por trilhos é primordial para integração do sistema de transporte de massa aos modais e sua operação no transporte público. Segundo esse autor, os problemas de mobilidade urbana não podem fugir da opção veículo leve sobre trilhos.

Na opinião de Utzeri (2008), é preciso evoluir para o transporte público sobre trilhos. Um país que considera o ônibus como transporte de passageiros de grande capacidade, ou transporte de massa, não consegue resolver os problemas crônicos de mobilidade, que acabam por afetar diretamente ou indiretamente diversos serviços essenciais à cidade e às próprias pessoas que nela vivem.

Nesse contexto, o Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), é um pequeno trem urbano, cuja estrutura permite ser adequada ao meio urbano existente, o que significa uma alternativa de mobilidade a favor da sustentabilidade para as cidades<sup>9</sup>.

Segundo Peter Alouche, o VLT é uma importante alternativa de transporte sustentável para cidades médias, pois ajuda as cidades a combater ou minimizar os desafios urbanos promovendo a estruturação de um transporte público de qualidade e mobilidade que permeie toda a cidade. Além disso, é um transporte ecologicamente sustentável, pois não polui. O VLT também proporciona a circulação de pedestres e bicicletas, melhora a qualidade dos espaços públicos e, conseqüentemente, a qualidade de vida nas cidades.

Os VLT produzem menos poluição e ruído, com infraestrutura tipicamente mais leve do que a do metrô e trens convencionais de longo curso. Os sistemas dessa alternativa de transporte têm baixo impacto ambiental quando comparados a outras alternativas de mobilidade urbana pois independem de combustíveis fósseis para funcionar, é um meio de transporte limpo, com tração elétrica sem nenhum gás emissão poluente. Os veículos leves sobre trilhos costumam circular nas regiões centrais das cidades, compartilhando o espaço com o restante do tráfego. Além da eletricidade podem ser híbridos ou usar biocombustíveis.

Garantir a mobilidade sustentável significa moldar as ações humanas no âmbito da gestão urbana e dos transportes, tendo em conta os impactos na qualidade de vida das populações, no desenvolvimento econômico e do ambiente (METRO DO PORTO, 2008).

Dessa forma, o veículo leve sobre trilhos - VLT é um importante meio de alcançar a mobilidade sustentável, pois apresenta características favoráveis quanto ao transporte de pessoas eficiente e ambientalmente amigável.

## **2.3 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO TRANSPORTE E A POLÍTICA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA**

Considerando que o transporte é um mecanismo essencial para apoiar o desenvolvimento econômico e social de uma nação (LESTER A., Hoel.), o planejamento estratégico do transporte é fator determinante para atender adequadamente as necessidades básicas de mobilidade e acessibilidade<sup>10</sup> da sociedade, equilibrando o uso de recursos naturais e materiais e de mão-de-obra sem comprometer os recursos naturais das gerações futuras.

---

<sup>9</sup> <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2011/fevereiro/ecod-basico-veiculo-leve-sobre-trilhos-vlt#ixzz26wnc6la4>

<sup>10</sup> Acessibilidade significa a condição do indivíduo se movimentar, locomover e atingir um destino desejado, “dentro de suas capacidades individuais”, isto é, realizar qualquer movimentação ou deslocamento por se us

Nesse contexto, a escolha do transporte e da tecnologia desse meio de mobilidade é uma decisão importante para o planejamento da cidade, pois gera impacto urbano a médio e longo prazo e a tecnologia escolhida determina os impactos ambientais como poluição, ruído, energia, entre outros.

Uma análise das ações do Governo Federal brasileiro, relativas ao transporte urbano ao longo das últimas décadas, mostra que nunca se chegou a estabelecer uma política consistente para o setor. Os programas e projetos no Brasil eram definidos em função da conjuntura, sem visão de continuidade, integração entre os modos e necessidades reais da população.

Após a Constituição Federal de 1988, a qual passou a considerar o transporte público como essencial, a Lei Nº.10.257 de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade<sup>11</sup>, em seus diversos artigos, veio reforçar os transportes urbanos como competência da União no estabelecimento de diretrizes para seu desenvolvimento tornando obrigatória a existência de um plano de transporte urbano integrado, compatível com seu plano diretor ou nele inserido, para as cidades com mais de 500 mil habitantes e situadas nas regiões metropolitanas.

Em 2003, com a criação do Ministério das Cidades, novos rumos foram traçados para o setor de transportes urbanos, favorecendo a formação de uma Política Nacional de Mobilidade Urbana<sup>12</sup>, objetivando a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e de cargas no território do Município.

A Política Nacional de Mobilidade Urbana, através da Lei Nº 12.578 de 03 de janeiro de 2012, institui as diretrizes para o instrumento da política de desenvolvimento urbano no Brasil, destacando: prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado; integração entre os modos e serviços de transporte urbano; mitigação dos custos

---

próprios meios, com total autonomia e em condições seguras, mesmo que para isso precise se utilizar de objetos e aparelhos específicos. (Ministério das Cidades, 2007)

<sup>11</sup> Estatuto das Cidades estabeleceu a obrigatoriedade das cidades com mais de 500 mil habitantes elaborarem um Plano de Transporte Urbano Integrado, compatível com o seu plano diretor ou nele inserido (artigo 41, § 2º, da lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001). Para a atuação da SeMob (Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana), a denominação destes planos foi alterada pela Resolução nº 34, de 01 de julho de 2005, do Conselho das Cidades, recebendo o nome de Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade (PlanMob).

<sup>12</sup> De acordo com a Lei Nº 12.578 de 03 de janeiro de 2012, a Política Nacional de Mobilidade Urbana tem por objetivo contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana (Art.2º). Entende-se por Sistema Nacional de Mobilidade Urbana o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte (motorizado e não motorizado), de serviços e de infraestruturas que garantem os deslocamentos de pessoas e cargas no território do Município (Art.3º).

ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade; incentivo ao desenvolvimento científico tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes. Assim, à medida que as cidades começam a estudar estratégias para melhorar o seu sistema de transporte, através da elaboração de um Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade<sup>13</sup>, a busca por alternativas diferentes se faz necessária e as novas modalidades de deslocamento, como o VLT, mostram-se como soluções colaboradoras para a estruturação da cidade.

O VLT cumpre um papel estruturador no próprio planejamento da cidade, porque atrai a renovação e a valorização urbana, não degrada o ambiente, É um veículo que pode trafegar no meio da rua, se ingressa do centro histórico até a zona de pedestre e chega à área mais agitada do centro da cidade. Pode prosseguir por vias subterrâneas ou elevadas, com ciclo de vida de mais de 30 anos, é um investimento de médio e longo prazo, uma alternativa de transporte durável e a favor da mobilidade sustentável.

Se eu fosse dono do mundo, eu colocaria bondes em lugar dos ônibus nesses corredores maravilhosos como o da Avenida Santo Amaro (zona sul de São Paulo). Uma com posição de VLT transporta o equivalente a seis ônibus desses comuns e, além disso, é um veículo elétrico, que não polui o ar e quase não gera ruído, sem falar no problema ambiental dos pneus.  
(ALOUICHE, Peter)

Na visão de Güell, (1997, apud ROSSETO, Adriana M.), o planejamento estratégico de cidades é uma forma sistemática de lidar com a mudança e criar o melhor futuro possível para uma cidade. É um processo criativo que se baseia em uma atuação integrada em longo prazo. Estabelece um sistema contínuo de tomada de decisão que com porta objetivos, identifica cursos de ação específicos, formula indicadores sobre os resultados e integra agentes sociais e econômicos ao longo de todo o processo.

---

<sup>13</sup> O Plano Diretor de Transporte e da Mobilidade é um instrumento da política de desenvolvimento urbano, integrado ao Plano Diretor do município, da região metropolitana ou da região integrada de desenvolvimento, contendo diretrizes, instrumentos, ações e projetos voltados a proporcionar o acesso amplo e democrático às oportunidades que a cidade oferece, através do planejamento da infra-estrutura de mobilidade urbana, dos meios de transporte e seus serviços, possibilitando condições adequadas ao exercício da mobilidade da população e da logística de distribuição de bens e serviços (Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana, PlanMob, 2007)

## **CAPÍTULO 3 - VEÍCULOS LEVES SOBRE TRILHOS: TECNOLOGIA DE TRANSPORTE A FAVOR DA SUSTENTABILIDADE.**

### **3.1 CONCEITO**

Conhecido pelos ingleses e franceses por *tramway*; pelos espanhóis, por *tranvia*, nomes que passam a ideia de um veículo de superfície que anda no nível da rua, para Peter Alouche, *tramway* é a melhor definição do VLT, como é conhecido no Brasil.

O nome VLT - veículo leve sobre trilhos vem da tradução do inglês *light rail transit*, mas visto como tecnologia, VLT tanto pode ser o monotrilho (que não tem trilho, mas é um veículo ferroviário leve), o bonde, que anda em corredor não inteiramente segregado, e ainda o bonde moderno que anda em corredor absolutamente segregado. Segundo esse autor, quando inteiramente segregado, o VLT se torna um metrô leve, podendo ir do bonde até o metrô leve.

*Tramway* é um sistema de transporte público sobre trilhos concebido para operar em ambientes urbanos, no nível do solo, com partilhando harmoniosamente as ruas da cidade com pedestres, ciclistas, ônibus e veículos (ARROYO, Alfonso).

Esse novo modal de transporte aqui estudado está inserido entre as atuais tecnologias existentes para o transporte público de média capacidade<sup>1</sup>, sendo confiável, seguro, rápido, ecológico, massivo e confortável. O sistema VLT vem atender à necessidade de transporte de passageiros, promovendo uma melhoria da qualidade do trânsito na região atravessada, reduzindo o número de veículos em circulação e, com isso, impactando positivamente na qualidade do transporte público das grandes cidades.

É uma opção de transporte que integra o cidadão, sua necessidade de ir e vir e o contexto de sua cidade em uma solução harmônica (ARROYO, Alfonso). O VLT, além de eficiente no deslocamento urbano, tem seu desenvolvimento baseado em modernos conceitos de design, tecnologia e sustentabilidade.

### **3.2 O SISTEMA VLT NO CENÁRIO ATUAL DE QUALIFICAÇÃO DO TRANSPORTE PÚBLICO**

O VLT beneficia a imagem da cidade. A cidade melhora de qualidade com o VLT - passa a ser positiva, mais dinâmica, moderna, além de tirar muito mais pessoas do carro

---

<sup>1</sup> O transporte de média capacidade se caracteriza por utilizar predominantemente vias segregadas e apresentar alto desempenho em capacidade, confiabilidade, velocidade e atração de passageiros (VUCHIC, 2007 apud NODARI, C.T. et al.).

do que o ônibus convencional ou mesmo um BRT (*Bus Rapid Transit*) (Rodrigues, M). Ainda de acordo com Rodrigues, um veículo sobre trilhos tem a capacidade de, em longo prazo, estruturar mais e melhor a cidade, e também articular o espaço físico mais do que um sistema sobre pneus.

O sistema VLT melhora a qualidade de não apenas da cidade, mas da mobilidade do usuário desse meio de transporte, o qual passa a ter ganhos significativos com a diminuição da poluição nas ruas, menos ruído e maior conforto ao se deslocar diariamente. O veículo leve sobre trilhos promove uma requalificação dos corredores que têm uma alta densidade de tráfego: deslocamentos diários entre os setores comerciais, residenciais e de serviços.

O superintendente da ANTP (Associação Nacional de Transportes Públicos) Marcos Bicalho, tem opinião semelhante, reforçando a importância do VLT para a requalificação urbanística de uma grande cidade. Na sua opinião, os modos de transporte urbano ferroviários têm alguns apelos importantes do ponto de vista de operação e urbanismo, pois valorizam o transporte público coletivo, corroborando para a escolha dessa modalidade de transporte sobre o transporte particular.

Diversas cidades, principalmente europeias, adotaram o VLT para melhorar a qualidade do transporte, devido a sua capacidade de atração de passageiros e por utilizar motores elétricos, reduzindo as emissões de poluente (VUCHIC, 2007). Cidades como São Diego e Dallas, nos EUA, e Dublin, na Irlanda, implantaram sistemas VLT para melhorar o transporte coletivo e revitalizar áreas centrais.

A capacidade de integração do sistema VLT com áreas de circulação de pedestre é a grande responsável por fazer dessa modalidade de transporte um qualificador dos centros urbanos. Ela decorre da baixa interferência da infraestrutura necessária para sua operação no espaço urbano. Questões como ausência de energização nos trilhos, energia limpa e inexistência de plataformas de embarque/desembarque, fazem do sistema VLT o elemento central do desenvolvimento econômico, da melhoria das condições ambientais e da habitabilidade de áreas urbanas onde foi implantado.

As imagens do sistema VLT integrado com a área central na cidade de Rotterdam na Holanda, e em Houston, nos Estados Unidos, podem ser vistas nas figuras 7 e 8 a seguir.

Figura 7 - VLT de Rotterdam – Holanda.



Fonte: A Intervenção do Transporte na Paisagem Urbana (<http://www.arq.ufsc.br>)

Figura 8 - VLT em Houston, Texas nos Estados Unidos.



Fonte: O VLT no mundo - <http://www.vlt.df.gov.br>

### 3.3 AS VANTAGENS DO SISTEMA VLT

As diversas alternativas de transporte coletivo para uma cidade devem ser analisadas através de estudos que incluam requisitos de demanda, de custos de implantação, operação, manutenção e renovação, além da inserção e seus impactos no meio urbano, no meio ambiente, nos sistemas de transporte existentes e as externalidades. Os critérios específicos de seleção da modalidade de transporte levam em conta, além da oferta/demanda para o horizonte do projeto, o nível de conforto a ser oferecido, a acessibilidade do sistema, o intervalo entre composições, a velocidade média de operação, entre outros.

A escolha de um modo de transporte deve se basear nos elementos de mobilidade futura, desenvolvimento sustentável, qualidade de transporte e de vida da população,

custos a médio e longo prazo (financeiros, meio ambiente, horas gastas em viagens, acidentes, etc.) e evolução da cidade (PITMUrb, 2009).

O VLT é uma versão leve de metrô e trens convencionais (VUCHIC, 2007). O sistema apresenta motor elétrico, média capacidade de passageiros e possibilidade de adequação às vias já existentes. Atualmente é o sistema sobre trilho que mais cresce no mundo (VUCHIC, 2007).

O VLT apresenta uma vantagem particular entre os sistemas sobre trilhos: é uma tecnologia guiada que pode utilizar as ruas como vias e se misturar aos automóveis e pedestres. Este sistema ainda apresenta a capacidade de operar em qualquer categoria, seja ela, compartilhada, segregada ou exclusiva (VUCHIC, 2007).

Entre outras vantagens do sistema VLT (NODARI, C. T. et al.) destacam-se:

- O sistema VLT não emite poluentes, pois utiliza propulsão elétrica;
- O VLT proporciona conforto acústico ao usuário, pois apresenta um nível de ruído baixo, sendo adequado para áreas densas;
- Os veículos utilizados pelo sistema VLT são normalmente mais confortáveis, espaçosos e oferecem amortecimento suave quanto ao andar do veículo;
- O sistema VLT tem imagem forte e design atrativo, sendo capaz de conquistar mais usuários;
- O VLT promove desenvolvimento urbano;
- O sistema VLT é, muitas vezes, projetado como elemento crucial da revitalização de áreas de pedestre nas zonas centrais, uma vez que o ônibus de alta frequência, usualmente utilizado nas grandes cidades, apresenta menor compatibilidade com áreas de pedestre, menores condições de acessibilidade e conforto.

As figuras 9 e 10 a seguir mostram a qualificação urbana proporcionada pelo sistema VLT em algumas cidades do mundo.

Figura 9 - *Tramway* de Bordeaux – França.



Fonte: O VLT no mundo - <http://www.vlt.df.gov.br>

Figura 10 - VLT de Barcelona – Espanha.



Fonte: O VLT no mundo - <http://www.vlt.df.gov.br>

Em um seminário de mobilidade urbana apresentado no Rio de Janeiro em 2012, Peter Alouche destacou as seguintes características como vantagens para o sistema VLT nas cidades:

- Adaptação perfeita ao meio urbano paisagístico;
- Projeto associado a uma renovação urbana;
- Seguro, rápido, confortável e com movimentos suaves;
- Torna a cidade mais humana e habitável;
- Conseguir na prática atrair os automobilistas;
- Compatível com as áreas de pedestres e penetra nos centros históricos;
- Limpo, tração elétrica e sem nenhuma emissão de poluentes;
- Adaptável ao traçado, pode subir rampas e realizar curvas fechadas;

Com ciclo de vida de mais de 30 anos, alternativa de transporte durável e de desenvolvimento sustentável.

As desvantagens do sistema VLT são palco de grandes discussões entre os especialistas em transporte público, pois estão relacionadas diretamente às condições econômicas e de governo dos países. Em países em desenvolvimento, por exemplo, o custo de implantação dos sistemas VLT são empecilhos para a escolha deste modal. A maioria das instituições públicas não dispõe de verbas para investir em infraestrutura de transporte e necessitam de financiamento externo ou privado. Com isso os projetos menos onerosos apresentam maiores possibilidades de aplicação, devido ao menor valor a ser captado para investimento e da possibilidade de retorno do investimento ocorrer em menor período de tempo.

Na opinião de Peter Alouche o custo de implantação é variável e depende da infraestrutura das obras civis, que correspondem a 60% do valor global da obra. Um sistema em superfície, com faixa reservada e alguns elevados, chega a 25 milhões de dólares por quilômetro. Outra variável é o tamanho das estações, que depende da demanda do sistema. No Brasil, o custo tende a ser mais alto porque o país tem procurado atender a todas as exigências de acessibilidade, com rampas e elevadores. E tudo isso tem um custo. Em média, o investimento do sistema VLT se paga em 30 anos. No entanto, Alouche (Mobilize Brasil, 2012) argumenta que o Brasil não é um país pobre e logo será a quinta ou a quarta economia do mundo. Os critérios: de custo e prazo, são considerados de administrador, mas uma cidade não pode ser tratada por administradores. Segundo ele, é preciso ter visão de estadistas, líderes que pensam em longo prazo, pois os benefícios que um bom sistema de transporte traz para a cidade pagam-se em médio e longo prazo.

Outro fator é o custo de operação (custo por passageiro para baixas demandas) o qual só alcança os mesmos níveis do transporte coletivo por ônibus quando opera com grandes carregamentos. Tais custos de implantação e operação são fatores que tornam os sistemas de VLT menos atraentes.

A seguir, na Figura 11, é apresentado um quadro resumo com as principais vantagens e desvantagens, na visão de Peter Alouche, dos modais de transporte urbano de média e alta capacidade.

Figura 11 - Vantagens e desvantagens entre os modos de transporte.

Tecnologia	Necessidades da demanda	Vantagens	Desvantagens
<b>METRÔ</b> subterrâneos e elevados	Demanda alta ( <b>40 a 80 mil</b> pass/h/sent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Imagem positiva para a cidade</li> <li>● Alta velocidade comercial (28 a 40 km/h)</li> <li>● Atrai os usuários de transporte público</li> <li>● Utiliza relativamente pouco espaço público</li> <li>● Limpo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Altos custos de infra - estruturas (\$ 60 a 180 mi por km)</li> <li>● Pode requerer subsídios operacionais</li> <li>● Longos períodos de desenvolvimento e construção</li> <li>● Financiamento privado somente com PPP</li> </ul>
<b>VLT</b> Veículo Leve sobre Trilhos	Demanda moderada de passageiros ( <b>15 a 35 mil</b> pass/h/sent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Imagem positiva para a cidade</li> <li>● Atrai os usuários de transporte público</li> <li>● Silencioso</li> <li>● Pode ajustar-se a ruas estreitas</li> <li>● Poucas emissões locais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Custos de infra - estrutura moderadamente altos (US\$15 a 45 milhões/km)</li> <li>● Pode requerer subsídios operacionais</li> <li>● Financiamento privado somente com PPP</li> </ul>
<b>BRT</b> Bus Rapid Transit	Demanda moderada de passageiros ( <b>10 a 30 mil</b> pass/h/sent)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Custos de infra - estrutura mais baixo (\$ 10 milhões a 20-km)</li> <li>● Em geral, não requer subsídios para sua operação</li> <li>● Boa média de velocidade comercial (20 a 30 km / h)</li> <li>● Podem ser operados por empresas privadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pode trazer consigo o estigma negativo da tecnologia de ônibus</li> <li>● Se mal implantado, degrada o corredor</li> <li>● Contaminação e barulho</li> </ul>

Fonte: (ALOUICHE, Peter)

Resumidamente, as principais vantagens do VLT vêm a ser o que são muitas vezes consideradas como desvantagens (ALOUICHE, Peter): a reestruturação urbanística que a tecnologia do VLT causa na cidade justifica seu alto custo; a inflexibilidade do sistema VLT reflete em um modelo organizado e seguro de transporte.

### 3.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, OPERACIONAIS, DE SEGURANÇA E CONFORTO DO VLT

Os VLT, em geral, são composições formadas por um a quatro veículos. O sistema opera, normalmente, em via segregada podendo, em alguns casos, utilizar vias exclusivas ou até mesmo compartilhada. Os veículos padrões apresentam piso baixo ou embarque em nível nas estações, para facilitar o rápido acesso. Conta com prioridades em interseções e também utiliza Sistemas de Transporte Inteligente - STI<sup>2</sup> (VUCHIC, 2007).

<sup>2</sup> O programa de Sistemas de Transporte Inteligente é uma iniciativa mundial de adicionar tecnologia de informação e comunicação à infraestrutura de transporte e veículos. Ele visa gerenciar fatores que geralmente se confrontam como veículos, cargas, e rotas para melhorar a segurança e reduzir o desgaste dos veículos, tempos de transporte e custos de combustível.

Sistemas de Transporte Inteligente variam nas tecnologias aplicadas, para fins deste trabalho considere-se: sistema de controle de semáforos, sinais com mensagens variadas, câmeras de velocidade para monitoramento de vias a aplicativos mais avançados que integram dados em tempo real e informações de várias outras fontes como previsão do tempo, etc. (www.sistemaredes.org.br)

O sistema VLT, quando implantado integralmente em superfície, percorre faixas não totalmente segregadas, funcionando de forma integrada com os demais modos de transporte através de estações de integração. As estações de integração devem ser projetadas com plataformas centrais, podendo estar em elevado, em superfície ou ainda subterrâneas, com áreas de controle nas duas extremidades para venda de bilhetes, controle e validação de entrada. O acesso às plataformas deve oferecer acessibilidade de forma a dar a devida mobilidade aos usuários, sem pre associadas às travessias de pedestres semaforizadas, visando à segurança dos mesmos.

As estações normalmente são dotadas de sistemas de CFTV (circuito fechado de TV), sonorização e painéis de mensagens para os passageiros com informações sobre a chegada dos próximos veículos. A concepção arquitetônica e o detalhamento dessas estações devem levar em conta a necessidade de um mínimo de impacto visual na paisagem, principalmente pelo fato de conviver, ao longo do seu traçado, com áreas diversificadas da cidade e com o centro histórico, parques e regiões de arquitetura moderna.

Para a circulação, é considerado um veículo de rua, por isso, o sistema VLT funciona aliado ao STI, assim, deverá obedecer à sinalização semafórica nas interseções com o sistema viário. Por ser considerado prioritário em relação ao transporte veicular, essa prioridade deverá ser requisitada automaticamente a cada cruzamento que se aproxime. Assim, se o sistema de controle das luzes semafóricas estiver em condições de atender, ao chegar ao cruzamento, as luzes estarão permitindo a passagem do VLT diretamente sem parada.

O bom desempenho no transporte do sistema VLT se deve, em linhas gerais (ARROYO, Afonso):

A alta tecnologia do sistema que possui uma comunicação contínua com um centro de controle, o qual se responsabiliza pela organização e fluidez dos trens no seu circuito de forma harmônica;

Sincronismo com a sinalização de tráfego de automóveis local, oferecendo prioridade para a passagem dos *trams* nos cruzamentos das vias, pois usa a funcionalidade do STI (Sistemas de Transporte Inteligente);

As estações com design moderno, plataformas no nível do solo, sem degraus, escadas ou elevadores, facilitando a mobilidade e fluidez das pessoas, ponto fundamental para seu sucesso.

É com um que o VLT tenha seu curso em para lelo às p rincipais via s autom otivas, normalmente locomovendo-se sobre o canteir o central, não interferindo o fluxo dessas vias ou dos grandes corredores viários. A quest ão reside nos cruzamentos, já que ess es corredores convivem com um nú mero significativo de trav essias. No entanto, o VLT não divide a cidade, como co stuma ocorrer com os metros de superfície, desta form a, ele promove o mínimo de interferências no ambiente urbano.

A Figura 12, a seguir, mostra o sistem a *tramway* implantado sobre canteiro com grama, favorecendo a paisagem urbana e contribuindo para a eficiência na drenagem da via.

Figura 12 - *Tramway* em Paris – França



Fonte: O VLT no mundo - <http://www.vlt.df.gov.br>

A prioridade no cruzamento torna o VLT um meio de transporte de grande desempenho e seu breve tem po de travessia dos cr uzamentos não proporciona degradação na movimentação viária da região (VUCHIC, 2007).

Quanto às características geométricas e de trafegabilidade o VLT consegue desenvolver percursos estreitos, pois apresenta em média 2,5 metros de largura, e de raios pequenos (raio m ínimo de 25 metros) característica que o insere nos centr os históricos das cidades. Ainda, devido ao menor peso, consegue vencer rampas de até 8%<sup>3</sup>.

Quanto à energia des prendida p ara m ovimentar a co mposição n ormalmente é proveniente de subestações elétri cas utilizando-se de pantógrafos <sup>4</sup>. sem elhante a os trólebus (ônibus elétrico) das capitais brasileiras, porém, com o avançar das tecnologias, já utilizam-se outras alternativas de alimentação como a APS ( Alimentação pelo Solo). As tecnologias atuais utilizam o sistem a ACR (Acum uladores de Carga Rápida) no VLT (Rapid Charge Accum ulators, ou Accum uladores de Carga Rápida). Esse sistem a

<sup>3</sup> Valores de referê ncia consi derando fabricação internacional de indústria france sa. (<http://www.caf.es/frances/productos/accesibilidad>).

<sup>4</sup> Dispositivo montado no topo da locomotiva ou autotomora, que se alimenta com corrente elétrica recolhida da catenária (Wikipédia. <http://pt.wikipedia.org>).

pode receber a energia desenvolvida durante o freio elétrico (dinâmico), utilizando-o posteriormente durante a etapa de tração, aumentando a eficácia energética e reduzindo os consumos. A economia de energia é significativa e estimada ao menos em 25% (dependendo do uso final do VLT). Tal solução já está em serviço nas cidades espanholas de Sevilha e Zaragoza<sup>5</sup>.

Quanto aos materiais utilizados, as carrocerias são projetadas segundo critérios inovadores e a favor da sustentabilidade. A maioria das partes é feita com ligas de alumínio leves complementadas com ligas de carbono de alta resistência, o que caracteriza o termo “veículo leve” e proporciona ao VLT um baixo consumo energético e aumento de eficiência<sup>4</sup>.

Quanto à acessibilidade, a configuração do VLT tem uma disposição de portas otimizadas que além de permitirem um fluxo de 14 passageiros/segundo, a configuração apresenta uma distribuição homogênea de portas no lado do veículo, evitando problemas de aglomeração nas estações diminuindo o tempo de embarque e desembarque.

As portas simples situadas no extremo do veículo ajudam a distribuir uniformemente a densidade de passageiros que embarcam e desembarcam pela plataforma. Tais portas simples dão mais segurança ao passageiro no que se refere a vias de evacuação.

No que tange ao conforto, o *tramway* conta com 100% piso baixo e oferece uma altura interna que melhora o conforto luminoso e proporciona uma sensação de amplitude aos passageiros, como pode ser visto na Figura 13.

---

<sup>5</sup> Disponível em [www.caf.es](http://www.caf.es)

Figura 13 - VLT de Zaragoza – Espanha.



Fonte: <http://www.caf.es/frances/productos/accesibilidad>

O Plano de Integrado de Transporte e Mobilidade Urbana da cidade e Porto Alegre - PITM Urb reuniu as principais informações técnicas e operacionais dos modos de transporte coletivo de média e alta capacidade, onde o VLT pode ser equiparado ao metrô leve. A Figura 14 mostra essa composição.

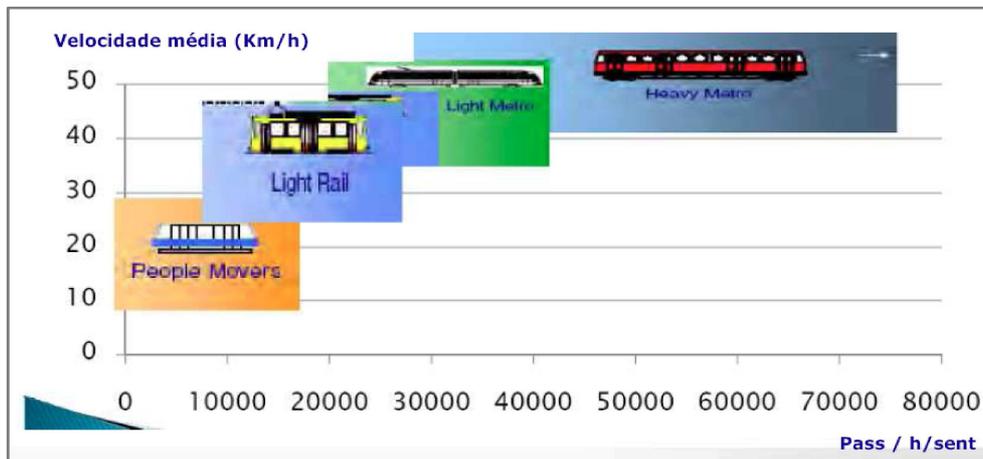
Figura 14 - Características das tecnologias de transporte coletivo de alta e média capacidade.

LINHA	TECNOLOGIA	TIPO DE COMPOSIÇÃO	CAPACIDADE VEÍCULO (passageiros)	VELOCIDADE COMERCIAL (km/hora)	CAPACIDADE HORA/SENTIDO (passag/h/sent)	HEADWAY (segundos)	NÍVEL DE SERVIÇO
Trem metropolitano	Metroferroviária	4 carros	1080	45	32.400	120	6 a 7 passag/m <sup>2</sup>
	Metrô Pesado	4 carros	1080	35	32.400	120	
	Metrô Leve	4 carros	760	30	22.800	120	
Linha circular	BRT	articulado 18 m	160	22	9.600	60	
					14.400	40	
					19.200	30	

Fonte: PITM Urb (2009)

Outro estudo, apresentado por Peter Alouche, com para as velocidades médias de operação (já considerando as perdas, frenagem para embarque/desembarque e arranque) entre os modos de transporte coletivo de alta e média capacidade. Observa-se que o VLT se desloca a 35 km/h como mostra a Figura 15 a seguir.

Figura 15 - Velocidade média de tráfego dos diferentes modos.



Fonte: Escolha da tecnologia para um transporte urbano sustentável: Alternativa sobre trilhos (ALOUICHE, Peter 2010).

Em relação à vida útil, a maioria dos VLT em operação no mundo possuem a mesma vida útil que os metrô, estimada em 30 anos (ALOUICHE, Peter) o que justifica o investimento de implantação, considerado alto, quando comparado ao sistema BRT que possui vida útil estimada de 8 anos e ao ônibus convencional, 5 anos.

### 3.5 ESTUDO DE DEMANDA

O conhecimento da demanda de passageiros de um sistema de transporte público coletivo representa grande importância no planejamento de transportes, já que constitui instrumento para um dimensionamento adequado da oferta de transporte de uma dada região. Assim, o estudo de demanda possibilita definir adequadamente estratégias operacionais de frota de veículos, frequências de linhas e infraestrutura do sistema, dentre outros, quantificando os valores de deslocamentos pessoais e veiculares que poderão demandar ao sistema de transporte ao longo do horizonte do projeto.

No âmbito do planejamento de transportes, existe uma necessidade primordial de se conhecer o número de viagens geradas em uma determinada área de estudo, de forma a compatibilizar a oferta e a demanda por transportes nessa área, seja com relação aos serviços, seja com relação à infraestrutura. (KNEIB, E. C. 2004).

No que tange ao transporte público coletivo, tal como a patibilização é cogente, pois refletirá diretamente na operação do sistema e em seus índices de qualidade e de utilização, impactando a mobilidade da população, a acessibilidade de determinadas áreas e a qualidade do ambiente urbano de uma forma geral.

Em relação ao estudo de demanda, as variáveis com o população, renda e frota de automóveis estão normalmente associadas ao processo de produção das viagens, enquanto que as variáveis com o postos de trabalho e matrículas escolares são aquelas que melhor explicam o processo de atração de viagens (PITMUrb, 2009).

A Figura 16 apresenta a tabela com os dados operacionais de demanda e frota dos meios de transporte coletivo das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, no ano de 2010.

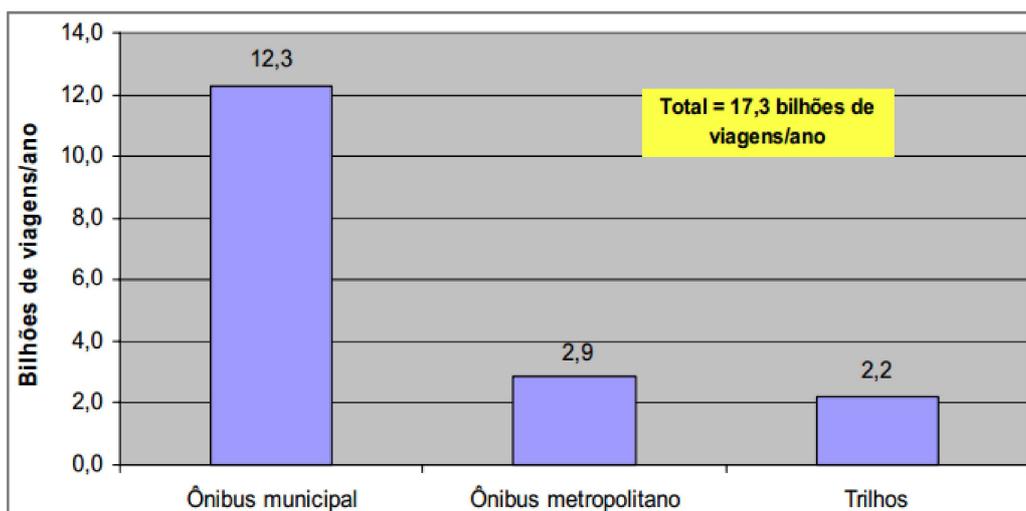
Figura 16 - Dados operacionais do transporte coletivo – 2010.

Sistema	Pass. Transp. (milhões/ano)	Quilometragem em serviço (milhões/ano)	Frota
Ônibus municipal	12.263	5.897	77.753
Ônibus metropolitano	2.862	2.278	25.318
Trilhos	2.208	387	3.034
<b>Total</b>	<b>17.333</b>	<b>8.562</b>	<b>106.105</b>

Fonte: (ANTP, 2011)

A Figura 17 mostra o gráfico de estimativa de demanda (dados totais por sub-sistema) para o transporte coletivo nessas mesmas cidades.

Figura 17 - Demanda no transporte coletivo (bilhões de viagens por ano) – 2010.



Fonte: (ANTP, 2011)

### 3.5.1 Demanda Atendida Pelo Sistema VLT

O sistema VLT está classificado, segundo a oferta de demanda, como transporte público de média capacidade, por esse motivo, pode atender deslocamentos urbanos, metropolitanos e regionais (SISLAC, 2000). Sistemas VLTs apresentam a capacidade média de 15 mil a 20 mil passageiros por hora por sentido, podendo atingir até cerca de 35 mil pessoas por hora e por sentido (NODARI, C. T. et al.). Pode ser de segregação total e, ainda, interligar cidades (ALOUCHE, 2010).

Essa modalidade de transporte tem a seu favor a capacidade de conquistar os usuários do transporte individual, o que pode representar um novo cenário para as cidades brasileiras de médio porte, que hoje buscam alternativas para sanar os problemas de congestionamento e altos níveis de poluição, revitalizando o espaço público degradado.

O estudo de demanda, realizado em Porto Alegre, em 2003 para o horizonte de projeto de 2033, com o objetivo de subsidiar tendências e projeções de futuro para o tráfego da cidade, contempladas no PITMurb (2009) demonstraram que, a adoção de modal sobre trilhos no transporte público coletivo, além de incrementar aproximadamente 100 mil viagens na hora pico, em 2033, inverte o predomínio de uso dos modos de transporte, de individual para coletivo. Tal estudo é apresentado na tabela da Figura 18 a seguir.

Figura 18 - Viagens motorizadas totais na hora de pico na cidade de Porto Alegre.

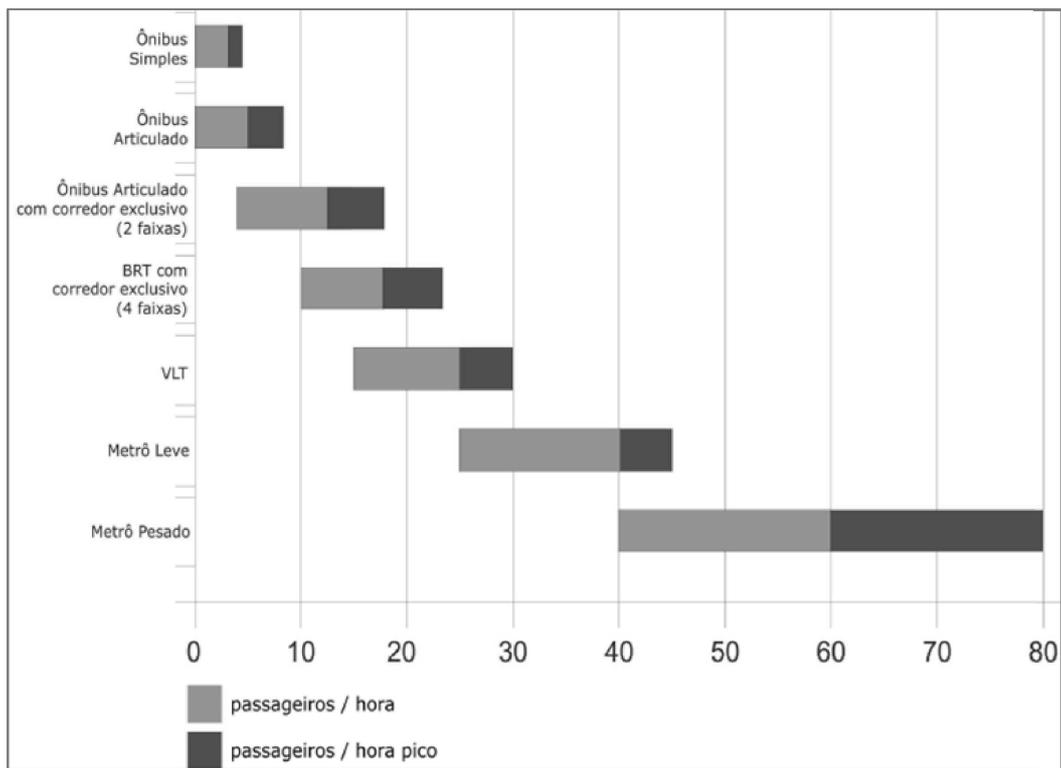
MODOS DE TRANSPORTE	SITUAÇÃO ATUAL		CENÁRIO METRÔ LEVE					
	2003		2013		2023		2033	
	Viagens	%	Viagens	%	Viagens	%	Viagens	%
Transporte coletivo	221.894	47,3	247.141	52,3	271.306	51,9	294.576	52,2
Transporte individual	246.840	52,7	225.393	47,7	251.431	48,1	270.119	47,8
Total	468.734	100,0	472.534	100,0	522.737	100,0	564.695	100,0

Fonte: (PITMurb, 2009)

De acordo com Peter Alouche, a demanda atendida pelo sistema *tramway* depende da segregação da via. Um bonde circulando pelas ruas leva de oito a dez mil passageiros por hora, em cada sentido. Um bonde numa via sem segregada chega a 15 mil passageiros por hora, por sentido. O metrô leve, um VLT segregado, transporta até 40 mil passageiros por hora, por sentido. Se compararmos com os melhores corredores de ônibus, eles não passam de 30 mil passageiros por hora, em cada sentido.

A Figura 19 apresenta o gráfico que relaciona os diferentes modos de transporte coletivo e a demanda atendida por eles na visão de Peter Alouche.

Figura 19 - Capacidade de transporte dos diferentes modos



Fonte: Escolha da tecnologia para um transporte urbano sustentável: Alternativa sobre trilhos. (ALOUCHE, 2010)

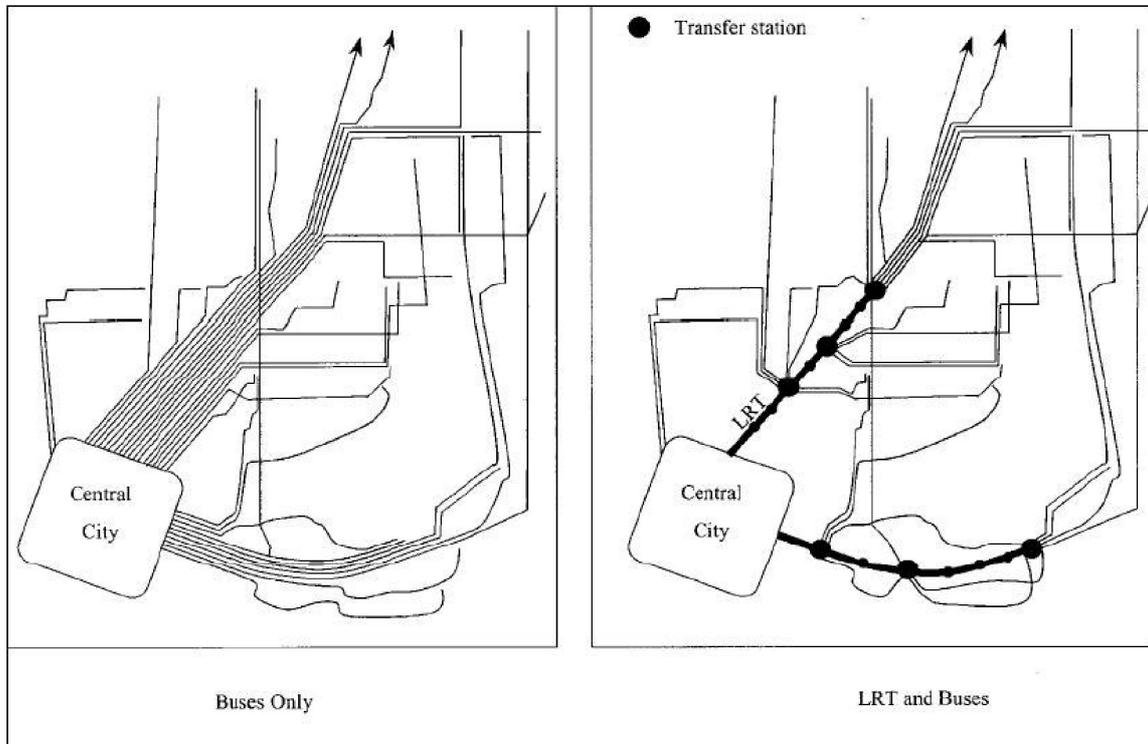
A partir da análise do gráfico da Figura 13, se pode constatar que o VLT, ocupando o equivalente a uma faixa de tráfego, transporta o equivalente a quatro faixas de tráfego no sistema BRT com corredor exclusivo. O que impacta diretamente no uso e ocupação do solo, no aumento da poluição sonora, ambiental e de congestionamentos de veículos, refletindo negativamente na paisagem urbana da cidade.

Segundo Niklas Sieber (2011), barato mesmo, apenas os corredores de ônibus, mas os limites desse sistema são muito claros, pois para transportar mais de 15 mil passageiros por sentido e por hora, são necessárias quatro faixas, o que exige espaço, coisa rara em megacidades. Em sua opinião, cidades modernas devem preferir opções que preservem a convivência em espaços urbanos.

Nesse contexto, outro fator relevante é o custo das desapropriações de imóveis, o qual encarece qualquer projeto. Além disso, em muitos eixos importantes, as áreas livres podem não estar disponíveis, mas ainda que estivessem, corredores com grande largura tendem a provocar cisões em bairros, separando-os em duas metades quase intransponíveis, prejudicando a paisagem urbana.

A Figura 20 faz um a comparação entre os principais modos de transporte de média capacidade, no que se refere à ocupação do solo.

Figura 20 - Sistema VLT como substituição do ônibus em trechos superpostos.



Fonte: (VUCHIC, 2002 apud NODARI, C.T. et al.).

Segundo Afonso Arroyo, em relação a demanda atendida, um VLT típico (200 passageiros sendo  $4/m^2$ ) carrega o mesmo número de passageiros que 50 carros (considerando 4 passageiros por carro) ou 3 ônibus (66 passageiros por ônibus).

### **3.5.2 Articulação Do Sistema VLT Com O Restante Da Rede De Transporte Coletivo.**

O sistema VLT, é concebido com o um sistema tronco-alimentador-distribuidor, onde o sistema tronco é baseado na tecnologia de veículo leve sobre trilhos e a alimentação-distribuição na utilização da tecnologia rodoviária por ônibus e micro-ônibus. Desse modo, o sistema VLT prevê a construção de terminais de integração localizados estrategicamente para promover a conexão desse modal com outros modais de transporte existentes, de forma a integrá-los.

Para que essa articulação ocorra, é necessária a remodelagem das linhas que percorriam o eixo estruturante do VLT a ser projetado, para evitar a existência de ônibus em tráfego compartilhado onde se projeta um sistema troncal exclusivo para o VLT. Assim, as

linhas existentes passam a ter uma finalidade de alimentação e distribuição, deixando de percorrer o eixo troncal.

Essa metodologia aqui exemplificada pode variar de acordo com a infraestrutura viária de cada cidade. Por isso, a elaboração de um plano diretor de transporte coletivo é de suma importância para as cidades que precisam investir em novas alternativas de mobilidade urbana.

### **3.6 ESTIMATIVA DE CUSTO: VLT E OUTROS MODOS DE TRANSPORTE URBANO**

#### ***3.6.1 Conceitos E Referências***

Na análise de custos, para a escolha de uma modalidade de transporte público que consiga atender satisfatoriamente uma cidade, entram os custos de implantação do sistema, da infraestrutura e superestrutura, do material rodante, custos de operação, de manutenção e renovação (vida útil). Além desses, nos custos das externalidades, são considerados maior ou menor congestionamento do trânsito com a adoção de um ou outro modo de transporte, o consumo energético, a poluição ambiental, os acidentes e o impacto urbano a médio e longo prazo.

Para os dados aqui apresentados foram utilizadas referências do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana (ANTP), bem como de planos de transporte e mobilidade urbana de cidades brasileiras, que já desenvolveram estudos, a fim de melhorar o seu transporte público. Foram ainda, consultados artigos acadêmicos e seminários apresentados por especialistas na área do transporte público.

Para referências do Sistema de Informações da Mobilidade Urbana no Brasil, foram considerados os seguintes setores: transporte público, ônibus municipais, ônibus metropolitanos, metro-ferroviário e táxis dos municípios brasileiros com população superior a 60 mil habitantes (ANTP, 2012).

#### ***3.6.2 O Custo Do Investimento VLT***

Os metrô leves - VLT são considerados modais de alto investimento para as médias cidades dos países em desenvolvimento como o Brasil (VUCHIC, 2007). Isso se dá principalmente aos custos de implantação da infraestrutura. Os VLT são, em geral, encontrados em países desenvolvidos que culturalmente costumam investir em infraestrutura de transporte de longo prazo e, portanto, grande vida útil (VUCHIC, 2007).

Para a escolha de um sistema de transporte adequado para uma cidade, é necessário não só considerar os primeiros custos da implantação, incluindo as possíveis desapropriações, mas o ciclo completo de vida útil, com também o custo de manutenção e renovação. Também é preciso considerar custos externos (externalidades). No caso dos metrô leves e VLTs, a redução dos custos é especialmente significativa, reduzindo a poluição, o número de acidentes, o congestionamento das vias, além de evitar a barreira urbana causada pelos sistemas de transporte de massa por ônibus como os BRTs (ROJO, Aurélio).

O VLT, quando construído totalmente no nível do solo, surge com a opção interessante de investimento em transporte de média capacidade, pois cada quilômetro custa entre US\$ 10 milhões e US\$ 25 milhões e sua capacidade de transporte é três vezes superior à de um corredor de ônibus, além de ter vida útil de 30 anos (SIEBER, Niklas 2011).

Na opinião do economista, especializado em transportes e em planejamento urbano, Niklas Sieber, em São Paulo, os sistemas de corredor de ônibus e VLT devem estar associados e nortear o atendimento aos eixos secundários de transporte, reservando ao metrô e ao trem a alta demanda dos eixos primários.

A Figura 21 mostra uma tabela com a comparação de custo entre as duas principais modalidades de transporte de média capacidade, o VLT (*LRT*) e o BRT, as quais dividem opiniões entre os técnicos e especialistas em transporte urbano.

Figura 21 - Comparação entre BRT e LRT

<b>Característica</b>	<b>Modal</b>	<b>Bus Rapid Transit (BRT)</b>	<b>Light Rail Transit (LRT)</b>
<b>Componentes do sistema</b>			
Categoria		B (C, A)	B (C, A)
Suporte		Via pavimentada	Trilho
Guia		Dirigido por condutor	Guiado
Propulsão		Motor de combustão interna	Elétrico
Capacidade do veículo		80-180	100-250
Veículos por composição		Veículo único	1 a 4 veículos
Capacidade média da composição		150	4 x 180 = 720
<b>Elementos operacionais/ linha</b>			
Linhas		Poucas	Poucas
Headway em cada linha		Médio/curto	Médio/curto
Distância entre paradas (m)		200 - 600	250 - 1000
Pontos de integração		Algumas/ muitas	Muitas
<b>Características do sistema</b>			
Custo total de implantação		Alto	Muito Alto
Custo de implantação/km		Médio	Alto
Custo de operação		Baixo para baixo volume de passageiro	Baixo para alto volume de passageiro
Custo de operação/assento-km		Médio	Baixo
Imagem do sistema		Boa	Excelente
Atração ao passageiro		Boa	Excelente
Performance do veículo e conforto do passageiro		Boa	Excelente
Poluição do ar e sonora		Considerável	Não polui diretamente, baixo nível de ruído
Impacto no uso do solo e habitabilidade da cidade		Moderado	Forte
Interação com o desenvolvimento do solo		Limitado	Muito boa
Contribuição para melhora do ambiente urbano		Limitada	Excelente

Fonte: adaptado de (VUCHIC, 2007 apud NODARI, C. T. et AL).

De acordo com o comparativo apresentado o custo total de implantação do VLT é maior quando comparado ao do BRT. No entanto, levando-se em consideração o custo de operação, o VLT compensa seu investimento, apresentando o custo baixo para um incremento na oferta, sendo estruturador do transporte e das próprias cidades. A seguir, a Figura 22 apresenta outro comparativo entre os modos de transporte, considerando o prazo total e o custo de implantação (projeto e obra).

Figura 22 - Prazo e custo de implantação por modo de transporte coletivo.

ETAPAS	METRÔ		VLT		BRT		CONVENCIONAL	
	PRAZO (anos)	CUSTO (R\$ milhões)						
PROJETO BÁSICO	1	4,5	1	1,5	0,5	0,3	-	-
FINACIAMENTO	2	0,5	2	0,5	0,5	0,2	-	-
PROJETO EXECUTIVO	1	5,0	1	2,0	0,5	0,5	-	-
IMPLANTAÇÃO	5	2.000,0	2	400,0	1	110,0	1	55,0
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>2.010,0</b>	<b>5</b>	<b>404,0</b>	<b>2,5</b>	<b>111,0</b>	<b>1</b>	<b>55,0</b>

NOTAS: EXEMPLO PARA IMPLANTAÇÃO DE CORREDOR COM 10,0 KM PARA 150 MIL PASSAGEIROS/DIA  
CUSTOS POR KM = METRÔ = R\$ 201,0 MILHÕES  
VLT = R\$ 40,4 MILHÕES  
BRT = R\$ 11,1 MILHÕES  
ÔNIBUS = R\$ 5,5 MILHÕES

Fonte: NTU (Associação Nacional de Transportes Urbanos)

Um estudo sobre os principais modos de transporte coletivo de média e alta capacidade feito pela empresa de transportes da cidade canadense de Calgary no ano de 2002 apresentou os resultados demonstrados na Figura 23.

Figura 23 - Comparação entre os diferentes modais de transporte

Tipo	Suporte	Fonte de Energia	Capacidade (pass/hr)	Vida Útil	Custo (Milhões R\$/km)
Ônibus Simples (Standard Bus)	Rua pavimentada	Diesel 60-	80 1	5+	0,829
Ônibus Elétrico (Trolleybus)	Rua pavimentada	Elétrica 60-	80 2	0+	1,,76
Ônibus Articulado (Articulated Bus)	Rua pavimentada	Diesel 110-	120 1	5+	1,45
Ônibus Elétrico Articulado (Articulated Trolley Bus)	Rua pavimentada	Elétrica 110-	120 2	0+	3,72
Ônibus de dois andares (Double Decker Bus)	Rua pavimentada	Diesel 110-	120 1	5+	1,24
VLT (Light Rail Transit)	Trilhos	Elétrica 100-	150 3	0+	3,72
Metrô de superfície (Tram)	Trilhos	Elétrica 150-	200 3	0+	6,21

Fonte: adaptado de Calgary Transit Planning – A Review of Bus Rapid Transit (2002)

Em relação aos custos operacionais de manutenção, operação, e de infraestrutura de sistemas implantados e, em operação, o mesmo estudo fez uma comparação em cidades norte americanas, que possuem o sistema VLT. As figuras 24 e 25 mostram esses valores.

Figura 24- VLT - despesas de operação e manutenção.

Cidade Analisada	Despesas de O&M por Sistema de Transporte (US\$ por passageiro)
	VLT
Dallas	0,48
Denver	1,88
Los Angeles	1,64
Pittsburg	0,25
<b>Média</b>	<b>1,06</b>

Fonte: Calgary Transit Planning – A Review of Bus Rapid Transit; 2002

Figura 25 - VLT - despesas de infraestrutura (operação).

VLT – Custo de Infraestrutura (US\$ mil/km)	
St. Louis St. Clair Country extension to Shiloh-Scott	13,4
St. Louis Cross-Country extension	33,0
Minneapolis Hiawatha Line	35,4
Edmonton initial Line	16,7
<b>Média de Custo</b>	<b>24,62</b>

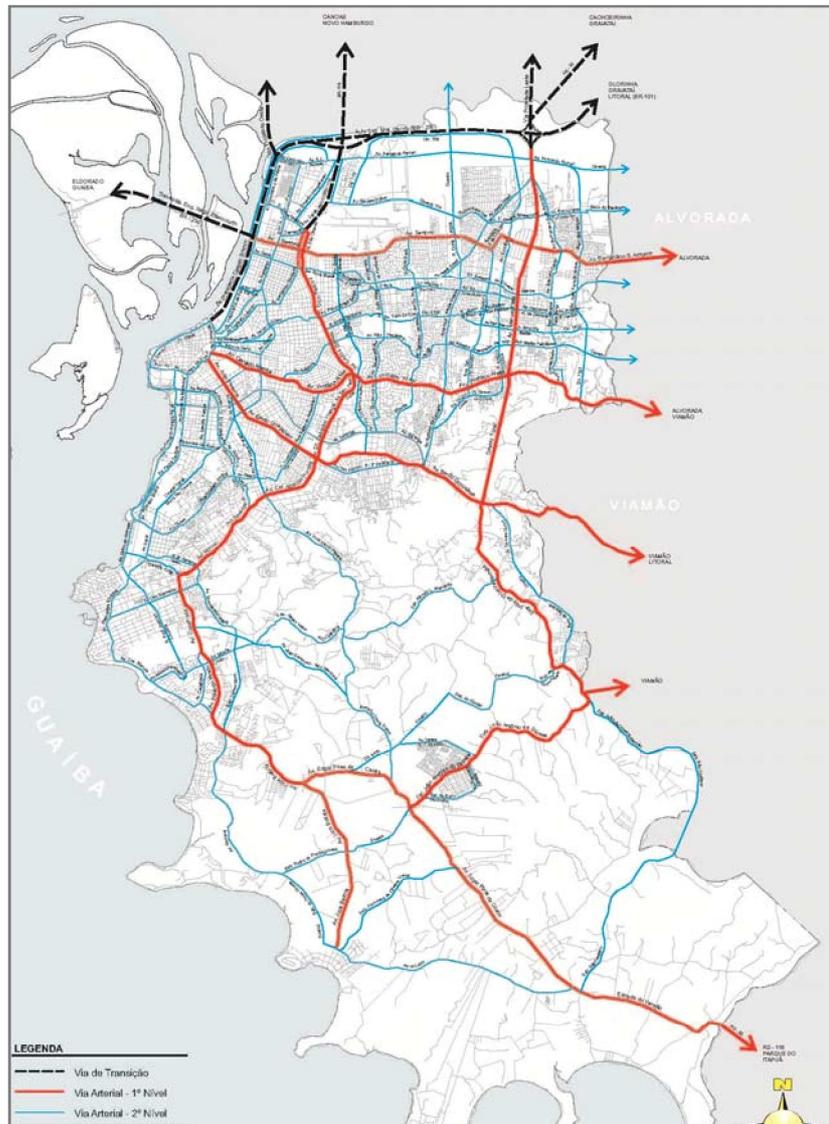
Fonte: The Toronto LRT information (<http://irt.daxack.ca>).

## **CAPÍTULO 4 – O TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE E AS PERSPECTIVAS PARA O VLT.**

Porto Alegre, atualmente, possui cerca de um milhão e meio de habitantes, formando a maior região metropolitana da região do sul do Brasil e apresentando-se como a décima cidade mais populosa do país (IBGE, 2012). A cidade se desenvolveu radialmente a partir do centro localizado nas margens do Lago Guaíba, através da ocupação ao longo das vias que ligavam a Capital com as cidades próximas. O crescimento urbano acentuado e a necessidade de atender a população com serviços de transporte público, fez com que, com o passar do tempo, fossem construídos os corredores de ônibus nos principais eixos viários da cidade; avenidas, ruas e praças utilizadas como terminais de ônibus, na área central de Porto Alegre, devido à inexistência de locais previamente reservados para esta finalidade. Entre os resultados da ausência de prioridade e da não implantação de projetos elaborados nas décadas de 80 e 90 para a região central também estão: o congestionamento viário, a falta de vagas para estacionamento, a restrição à circulação de automóveis, a falta de infraestrutura para pedestres, a degradação ambiental e a queda no valor imobiliário de imóveis residenciais.

As condições geográficas e topográficas da cidade de Porto Alegre foram determinantes para a consolidação de um modelo radial monocêntrico da rede de transporte público coletivo (PDSTC , 2000). Essa mesma configuração se estendeu para os municípios periféricos, fazendo com que as ligações com a Região Metropolitana se dessem no prolongamento desses eixos radiais (PITMUrb, 2010). A Figura 26, apresentada na página seguinte, mostra o mapa da malha viária básica da cidade.

Figura 26 - Malha viária básica de Porto Alegre.



Fonte: PDDUA (2010)

#### 4.1 O SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PORTO ALEGRE

O transporte coletivo em Porto Alegre, atualmente, é formado pelos modais: ônibus, que oferece a grande maioria das viagens urbanas e metropolitanas; o metrô de superfície, operado pela TRENURB em uma linha periférica de aproximadamente 43,2 quilômetros (sendo que 9,3 km estão em implantação) ligando o centro de Porto Alegre às cidades de Canoas, Esteio, Sapucaia do Sul, São Leopoldo e Novo Hamburgo; as lotações, que são micro-ônibus utilizados para transporte seletivo; táxis; e por fim, veículos de fretamento escolares.

O sistema de transporte coletivo por ônibus em Porto Alegre é formado por 364 linhas, tendo a frota uma idade média de 4 anos e 9 meses, atendendo uma demanda de 1,1 milhão de passageiros em 23.326 viagens por dia útil (EPTC, 2011). O sistema é operado por 15

empresas concessionárias. A rede de atendimento está dividida em bacias operacionais (operada por empresas privadas), cuja função é a operação de linhas radiais ou intra-bairros; e bacias públicas, com linhas radiais que representam 73% do sistema, transversais, alimentadoras e linhas circulares do centro (EPTC, 2011).

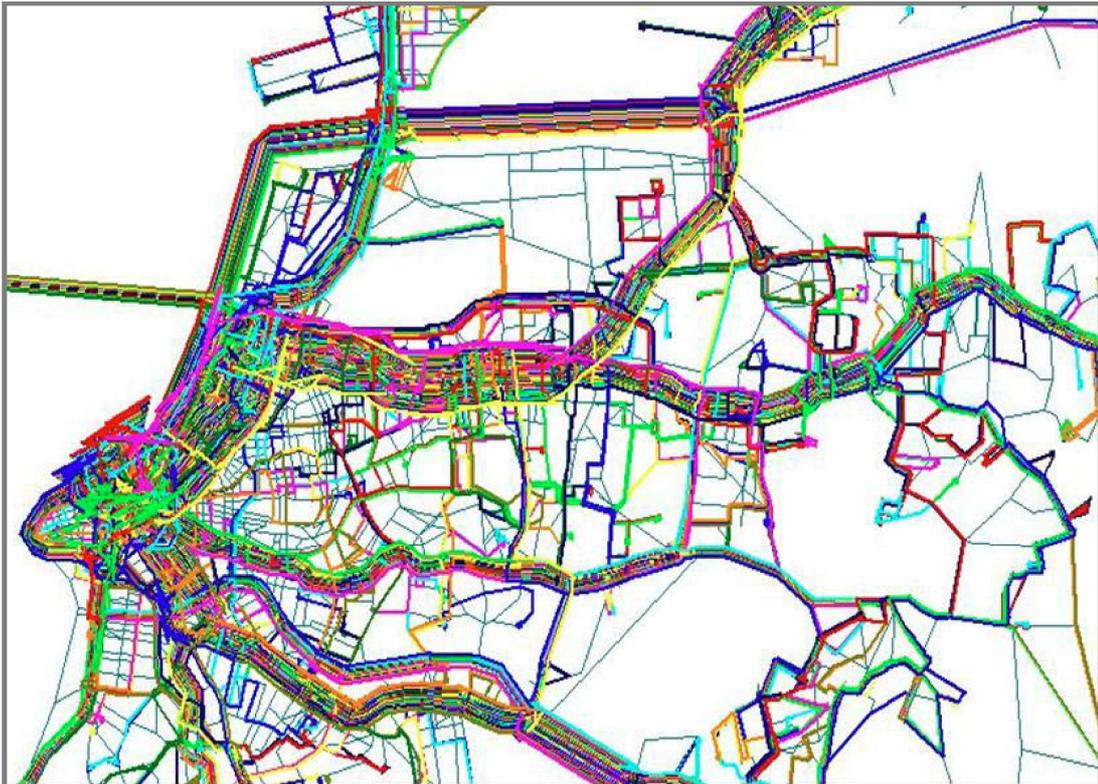
Na cidade de Porto Alegre, o transporte coletivo por ônibus circula em vias segregadas e em tráfego misto e a maioria delas tem destino ao centro histórico da cidade. Os pontos de retorno dessas linhas estão distribuídos, basicamente, em 6 áreas principais: Terminal Mercado, Praça Rui Barbosa, Rua Uruguai, Avenida Senador Salgado Filho, Av. Borges de Medeiros e Praça Dom Feliciano. As pesquisas recentes de transporte revelam que o centro histórico concentra 60% dos empregos e continua sendo o principal destino das viagens na cidade, no entanto 10% dessas viagens se deve à necessidade de transbordo. Assim, os veículos de transporte coletivo chegam ao centro com 30% de sua capacidade ocupada (LADEIRA, M. C. M. et al.). O transporte coletivo da cidade apresenta sete eixos principais, onde há separação física da via, delimitando o espaço para os ônibus e para os demais modais (CARDOSO et al., 2001). Em alguns destes trechos, os corredores de ônibus, encontram-se, nos períodos de pico, tomados por grandes filas de ônibus municipais e intermunicipais, rodando a baixa velocidade. Nas demais vias, a operação ocorre de forma partilhada, onde os diferentes modais dividem o espaço existente. Desde a década de 80, foram implantados aproximadamente 50 km de corredores exclusivos na cidade (LADEIRA, M. C. M. et al.).

Tais corredores estão distribuídos: em vias de transição - corredores das avenidas Farrapos, Osvaldo Aranha, Protásio Alves, João Pessoa, Bento Gonçalves, Sertório, Assis Brasil e 3ª Perimetral; em vias arteriais – corredores das avenidas Cristóvão Colombo, Independência e Cascatinha; em vias localizadas na zona central – corredores das avenidas Voluntários da Pátria e Júlio de Castilhos. O corredor exclusivo de ônibus da Av. 3ª Perimetral é o único transversal, com 12,3 km de extensão, faz a ligação entre as regiões sul, sudeste, leste e norte de Porto Alegre, atravessando 20 bairros da Capital (PITMUrb, 2010).

O conjunto das redes não foram concebidas nem exploradas como um sistema articulado e, ao contemplar separadamente cada subsistema, eles podem parecer lógicos e racionais, entretanto, apresentam grande irracionalidade em seu conjunto como: a superposição de linhas nos mesmos eixos, acarretando excesso de ônibus nos corredores e na área central com sobre-oferta; baixas velocidades e congestionamentos no centro de Porto Alegre e nos principais corredores de ônibus, com aumento de acidentes de trânsito, poluição atmosférica e visual; ociosidade de frota e da mão de obra nos serviços metropolitanos, decorrente das características pendulares das viagens e da sua concentração nos períodos de pico; queda de

receita e aumento de custo operacional com repercussão tarifária para o usuário; falta de investimento compatível com necessidades de melhoria na infraestrutura de transporte. Assim, o sistema de transporte coletivo de Porto Alegre carece de uma política de planejamento e integração de transportes (PITMUrb, 2010). Essa atual configuração de redes, não integradas, resulta na situação demonstrada na Figura 27.

Figura 27 – Itinerários sobrepostos nos principais corredores e na área central de Porto Alegre.



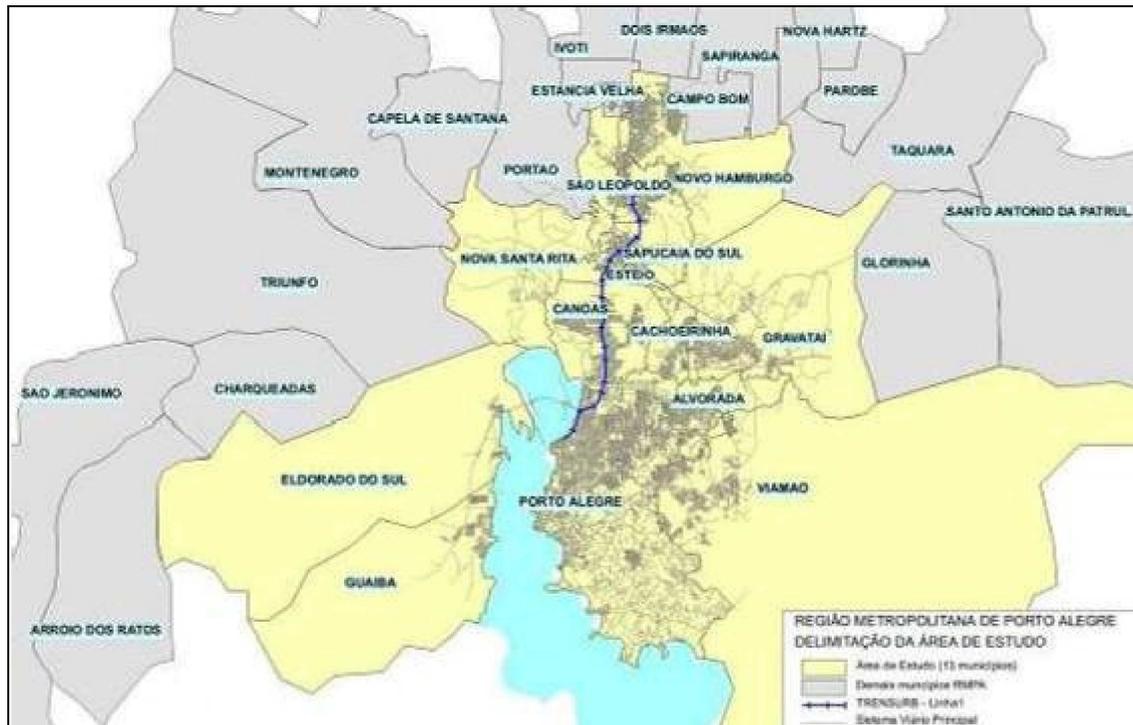
Fonte: PITMUrb (2010)

#### ***4.1.1 A RMPA e a Influência na Mobilidade Urbana de Porto Alegre***

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é composta atualmente por 32 municípios (METROPLAN, 2011); segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2010 a RMPA contabilizou 3,979.561 milhões de habitantes, ocupando uma extensão territorial de 9.825,61 km<sup>2</sup> e uma densidade populacional média de cerca de 405 habitantes/km<sup>2</sup>.

Segundo o PITMUrb (2010), dos municípios que compõem RMPA, treze são responsáveis pela maior concentração populacional de 3.188.137 habitantes, ocupando uma área de 4.370,13 km<sup>2</sup>, com densidade demográfica de cerca de 730 habitantes/km<sup>2</sup> e taxa de urbanização média de 97%. São eles: Porto Alegre, Novo Hamburgo, Canoas, Cachoeirinha, Esteio, Gravataí, Sapucaia do Sul, Alvorada, São Leopoldo Guaíba e Viamão, o que mostra a Figura 28.

Figura 28 - Localização geográfica dos municípios da RMPA e área de estudo do PITMurb (2010).



Fonte: PITMurb (2010).

Porto Alegre, como a cidade polo da RMPA, devido à proximidade territorial, atrai grande demanda diária de pessoas que buscam na capital melhores oportunidades de trabalho e estudo. Uma análise sobre a mobilidade urbano-metropolitana na RMPA mediu a mobilidade através de dados de origem e destino (O-D) dos movimentos pendulares (movimento de pessoas que estudam ou trabalham fora do seu município de residência), a partir dos dados do Censo Demográfico de 2000. A Figura 29 traz a tabela com essa análise, classificando os municípios da RMPA, por níveis de integração à cidade.

Figura 29 - Pessoas da RMPA que trabalham ou estudam fora do município que residem.

NÍVEL DE INTEGRAÇÃO AO PÓLO METROPOLITANO	NÚMERO DE PESSOAS DE 15 ANOS E MAIS DE IDADE				TRABALHAM OU ESTUDAM FORA DO MUNICÍPIO DE RESIDÊNCIA EM RELAÇÃO AO TOTAL QUE TRABALHA OU ESTUDA <sup>1</sup>	TRABALHAM OU ESTUDAM DIRIGINDO-SE AO PÓLO METROPOLITANO EM RELAÇÃO AOS QUE TRABALHAM OU ESTUDAM FORA DO MUNICÍPIO DE RESIDÊNCIA <sup>(2)</sup>
	Total	Que Trabalham ou Estudam				
		Total	Fora do município de residência <sup>1</sup>	Dirigindo-se ao pólo metropolitano		
Município Pólo	977 987	645 727	27 277	-	4,2	-
Muito alto	182 504	117 402	50 587	44 173	43,1	87,3
Alto	790 302	502 373	163 242	104 438	32,5	64,0
Médio	333 891	221 636	22 209	2 564	10,0	11,5
Baixo	5 097	3 240	285	61	8,8	21,4
Muito baixo						
<b>TOTAL</b>	<b>2 289 781</b>	<b>1 490 378</b>	<b>263 600</b>	<b>151 236</b>	<b>17,7</b>	<b>57,4</b>

Fonte: (PEIXOTO, N.M.O., 2009)

Essas pessoas realizam viagens intermunicipais diárias, saindo de seus municípios na hora pico da manhã com destino a Porto Alegre e retornando na hora pico da tarde. Uma análise dessas viagens por modo de transporte (Edom, 2002) mostrou que 43,60% delas são feitas por transporte coletivo metropolitano, chegando ao centro de Porto Alegre (PEIXOTO, N.M.O. et al.).

Quanto às linhas de ônibus metropolitanos que têm como origens os municípios mais distantes de Porto Alegre, e destino final na sua área central, têm seus pontos terminais distribuídos em cinco pontos principais: Terminal Mauá, Praça Rui Barbosa, Rua Conceição, Rua Com. Manuel Pereira e Rua Carlos Chagas. Fora da área central, existem cinco terminais de ônibus, que funcionam como ponto de conexão ou retorno: Azenha, Antônio de Carvalho, Cairu, Triângulo e Restinga. O Terminal Cairu é destinado basicamente ao retorno dos ônibus urbanos e metropolitanos provenientes da região norte - Alvorada, Cachoeirinha e Gravataí. O Terminal Triângulo, que iniciou sua operação em 2005, no âmbito do Projeto Norte-Nordeste, foi construído na confluência das avenidas Assis Brasil e Baltazar de Oliveira Garcia, por ser esse um ponto tradicional de integração entre os sistemas de ônibus urbano radial e transversal, e destes com o sistema metropolitano com origem nos municípios de Alvorada, Cachoeirinha e Gravataí (PITMurb, 2010).

## **4.2 ESTRATÉGIA DE MOBILIDADE URBANA EM PORTO ALEGRE**

O desafio imposto a Porto Alegre é justamente propor soluções eficientes para a mobilidade, que favoreçam a integração entre o transporte motorizado e o não-motorizado, promovendo a eficiência energética nos modos de transportes, atraindo as pessoas para o transporte coletivo. Com esse objetivo, a gestão municipal, com o desenvolvimento do Plano Integrado de Transporte e Mobilidade Urbana (PITMurb) propôs um modelo de desenvolvimento do transporte público coletivo que se constitui na reestruturação funcional para articulação física, operacional e tarifária dos sistemas de transporte de Porto Alegre e sua região metropolitana, estabelecendo a integração entre os sistemas sobre pneus e trilhos, e os sistemas alimentadores, através da Rede Estrutural Multimodal Integrada. Tal modelo fez projeções de demanda para o transporte coletivo de 30 anos (2013-2033) com o objetivo de qualificar a mobilidade urbana atual e futura de Porto Alegre.

Conforme descrito no PITMurb (2010), a Rede Estrutural Multimodal Integrada é o elemento estruturador do Sistema Integrado de Transporte – SIT, o qual se fundamenta em soluções multimodais, multisetoriais (transporte, meio ambiente, uso do solo, etc) multi-institucionais (parcerias entre as 3 esferas de governo) e participação público-privado (PPPs).

O modelo apresenta estratégia de curto prazo (horizonte 2013) e de médio e longo prazo (horizonte 2023-2033), ambas utilizando infraestrutura e redes sobre pneus (corredores de ônibus e BRT) e trilhos, como pode ser visto na Figura 30 a seguir.

Figura 30 – Sistema Integrado de Transporte – tecnologia metrô leve e ônibus articulado



Fonte: PITMUrb (2010)

#### 4.2.1 O Plano Diretor de Porto Alegre e a Mobilidade Urbana

O desafio de criar novas alternativas de mobilidade urbana a favor da sustentabilidade insere-se no processo de elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA), a partir do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de 1979. A Lei Complementar nº 434 de 1999 constituiu o PDDUA e uma revisão desse plano (Lei Complementar nº 646) entrou em vigor no dia 26 de outubro de 2010. (SMP – Secretaria de Planejamento Municipal).

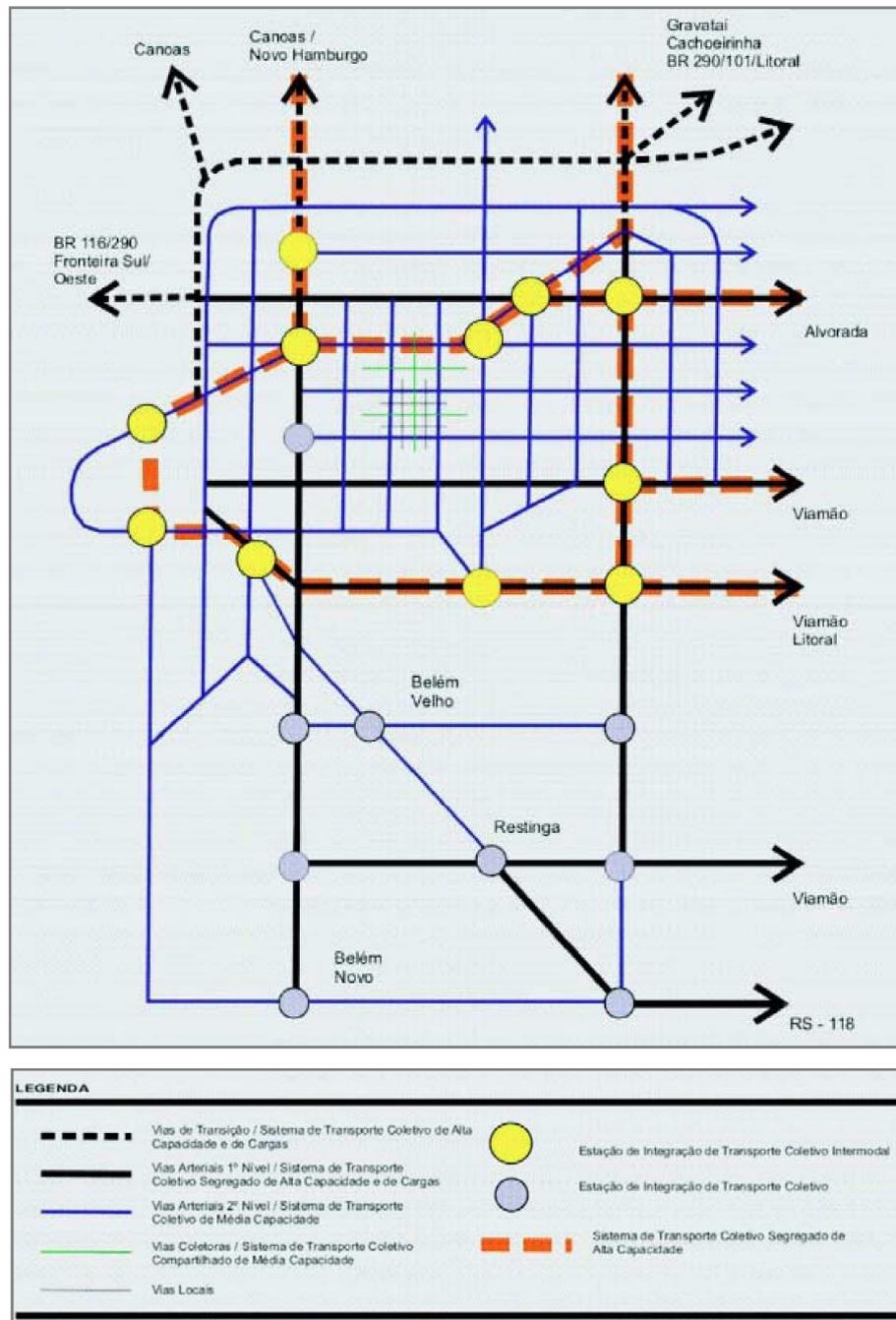
Entre as sete estratégias do PDDUA estão, entre outras, a de estruturação urbana, a de mobilidade urbana e a de qualificação ambiental. No âmbito do transporte público, a Estratégia de Mobilidade Urbana do PDDUA tem como objetivo geral qualificar a circulação e o transporte urbano, proporcionando os deslocamentos na cidade e atendendo às distintas necessidades da população. Isso se dará através das medidas, entre outras: de prioridade ao

transporte coletivo, aos pedestres e às bicicletas; da redução das distâncias a percorrer, dos tempos de viagem, dos custos operacionais, das necessidades de deslocamento, do consumo energético e do impacto ambiental; da capacitação da malha viária, dos sistemas de transporte, das tecnologias veiculares, dos sistemas operacionais de tráfego e dos equipamentos de apoio, incluindo a implantação de centros de transbordo e de transferência de cargas e a elaboração de um plano de transporte urbano integrado.

De acordo com o PDDUA, entre as diretrizes da Estratégia de Mobilidade Urbana, estão: a criação de programas de transporte coletivo de alta, média e baixa capacidade, a criação e o melhoramento dos centros de transbordo, conexão e de transferências modais e intermodais, o tratamento da malha viária, quanto ao uso das potencialidades da tecnologia da engenharia de tráfego, a conservação energética, o controle da qualidade ambiental e a prioridade ao transporte coletivo.

Nesse contexto, a reformulação do Plano Diretor de Porto Alegre foi um grande passo para a qualificação urbana da cidade, pois incentivou o desenvolvimento de novos projetos e políticas a favor da mobilidade urbana sustentável. No que se refere à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e a influência que ela exerce no transporte público da cidade, o PDDUA tem como objetivos gerais promover a estruturação do espaço na cidade e a integração metropolitana. A Figura 31, na próxima página, apresenta a Estratégia de Mobilidade Urbana proposta.

Figura 31 - Diagrama da estratégia de mobilidade urbana de Porto Alegre pelo PDDUA



Fonte: PDDUA (2010).

### 4.3 INTEGRAÇÃO MULTIMODAL: O VLT NA REDE MODAL DE PORTO ALEGRE

A prática internacional, no enfrentamento de problemas como congestionamentos, aumento no tempo de viagem, incremento dos deslocamentos, poluição atmosférica, tem recomendado altos investimentos em operação e manutenção dos sistemas viários e de estacionamentos,

ações baseadas nos princípios de sustentabilidade, constatando-se que a integração multimodal tem sido fundamental para se garantir um sistema de transporte sustentável (FRASQUILHO, 2001). O papel do processo de planejamento de transporte é prever a demanda de transporte e avaliar os sistemas, as tecnologias e os serviços alternativos, onde, cada modalidade, tem características próprias e únicas, interagindo para atender necessidades futuras (LESTER, 2011).

Nesse contexto, as diversas alternativas tecnológicas para uma cidade ou um corredor de transporte de média e alta capacidade devem ser analisadas através de estudos e avaliações que incluam requisitos de demanda, de custos de implantação, operação, manutenção e renovação, além da inserção e seus impactos no meio urbano, no meio ambiente, nos sistemas de transporte existentes e as externalidades. Cada modo tem seu lugar apropriado, sendo indispensável a perfeita integração entre todos os modos de um mesmo sistema (PITMUrb, 2010).

Os critérios específicos de seleção levam em conta os requisitos da oferta de transporte no horizonte do projeto, considerando o nível de conforto a ser oferecido, a acessibilidade do sistema, o intervalo entre composições, a velocidade comercial. Na análise, entram os custos de implantação do sistema, da infraestrutura e superestrutura, do material rodante, de operação, manutenção e renovação. Nas externalidades, são considerados maior ou menor congestionamento do trânsito com a adoção de um ou outro modo, o consumo energético, a poluição ambiental, os acidentes e o impacto urbano a médio e longo prazo.

A escolha de um modo de transporte deve se basear nos elementos de mobilidade futura, desenvolvimento sustentável, qualidade de transporte e de vida da população, custos financeiros e externalidades a médio e longo prazos, e planejamento a longo prazo. É uma das decisões mais importantes no processo de planejamento, porque influencia diretamente no tipo de serviço a ser oferecido e no papel do transporte na cidade e no entorno urbano, pois impacta na vida das pessoas e na evolução da cidade.

Nesse contexto, serão apresentadas possibilidades de implantação do sistema VLT na Rede Multimodal Integrada de Porto Alegre, refletindo um sistema integrado de transporte que opera harmonicamente com os modos de transporte existentes, inclusive os não-motorizados, bem como, com os projetados como o BRT e o metrô, aproveitando as características favoráveis de cada modalidade.

A integração pode ser vista como uma das formas de reorganizar os sistemas de transporte público, objetivando a racionalização, a redução de custos e o aumento da mobilidade (ANTP, 2004). Ainda, segundo CAVALCANTE (2002), a integração busca otimizar os recursos,

aumentar a acessibilidade, racionalizar o uso do espaço viário e melhorar a qualidade de vida e a preservação ambiental.

De acordo com Nabaes (2005), a integração multimodal visa não apenas a racionalização do uso da matriz de transportes, mas também a diminuição dos inconvenientes do transbordo para o usuário, possibilitando redução do custo e do tempo total da viagem, oferecendo-lhe maior conforto e segurança.

#### ***4.3.1 Metodologia Utilizada***

Para a escolha dos ramais a receberem o sistema VLT em Porto Alegre, nas alternativas aqui simuladas, foram utilizados mapas de crescimento populacional por zonas de tráfego, de carregamentos nos principais tramos da rede de ônibus da cidade<sup>1</sup>, dos planos de transporte integrado da administração municipal. Também foi feita a avaliação de centralidades como hospitais, universidades, centros administrativos, centro comercial e de serviços, parques e centros culturais, os quais são grandes atrativos de trabalho, estudo, compras e lazer; por isso, concentram a maior parte dos destinos das pessoas que utilizam ou não o transporte público.

Os critérios adotados foram: os carregamentos nos principais eixos de deslocamento do transporte público (selecionando os mais solicitados), as soluções atualmente projetadas para essas vias - BRT ou metrô - descartando aquelas que serão futuramente atendidas por esses modais, a topografia, a infraestrutura existente e as características do entorno, com intuito de minimizar impactos ambientais e sociais.

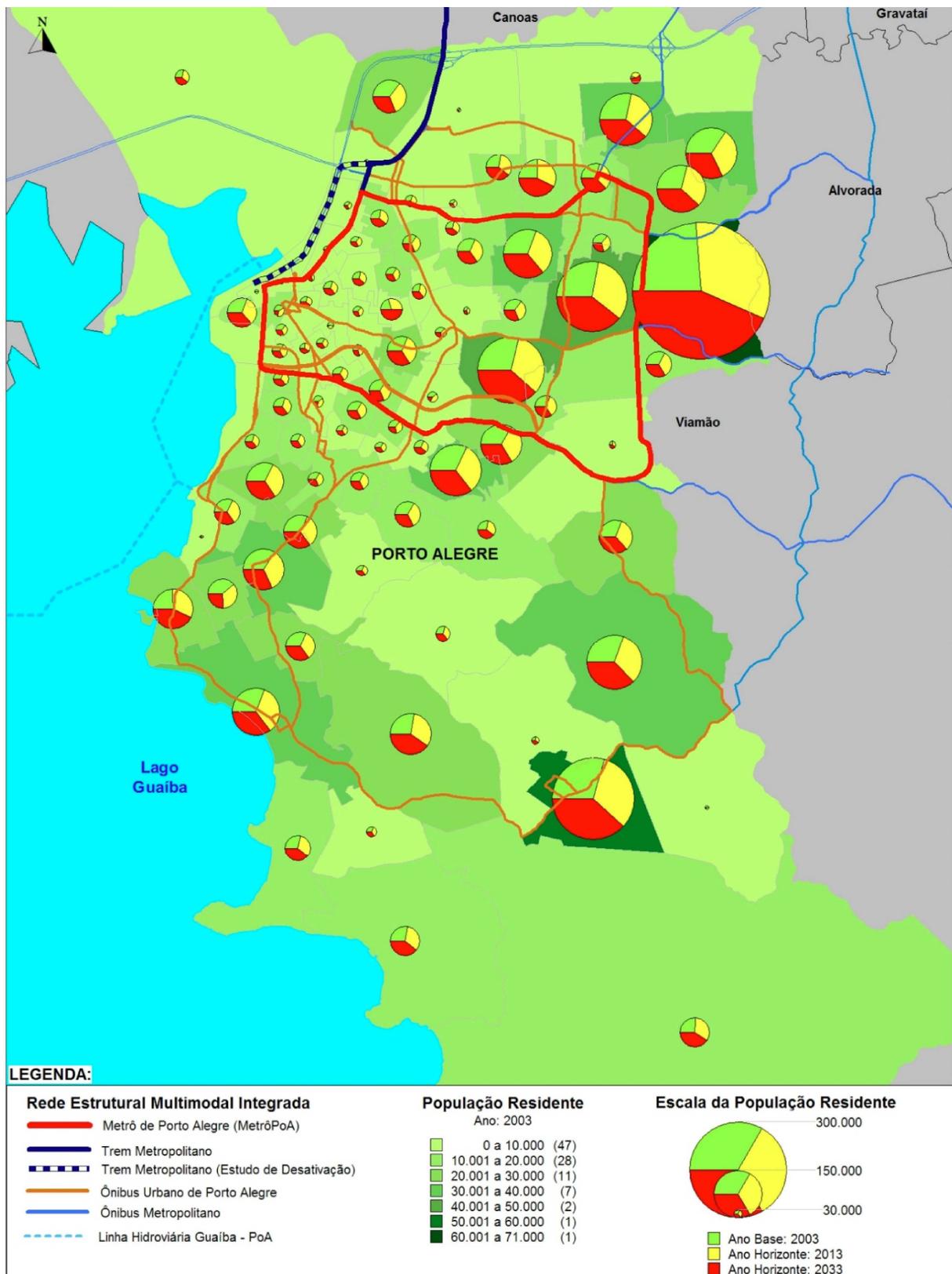
#### ***4.3.2 Interpretação dos Resultados***

A definição dos eixos potenciais para o VLT, neste trabalho, foi feita a partir da interpretação dos mapas descritos na metodologia e associação dos resultados apresentados por eles, que são apresentados a seguir. A Figura 32 mostra o mapa temático de crescimento populacional por zona de tráfego no município de Porto Alegre e RMPA.

---

<sup>1</sup> De acordo com valores contidos no mapa de carregamentos nos portais de acesso ao município e à área central de Porto Alegre, pontos de integração transversais e metropolitanos elaborado pela EPTC (2012). Os valores de demanda - carregamentos apresentados são do ano base 2012; não foram consideradas projeções futuras de demanda.

Figura 32 - Distribuição espacial da população residente e em Porto Alegre e projeções de crescimento por zona de tráfego.



Fonte: METROPLAN (2011)

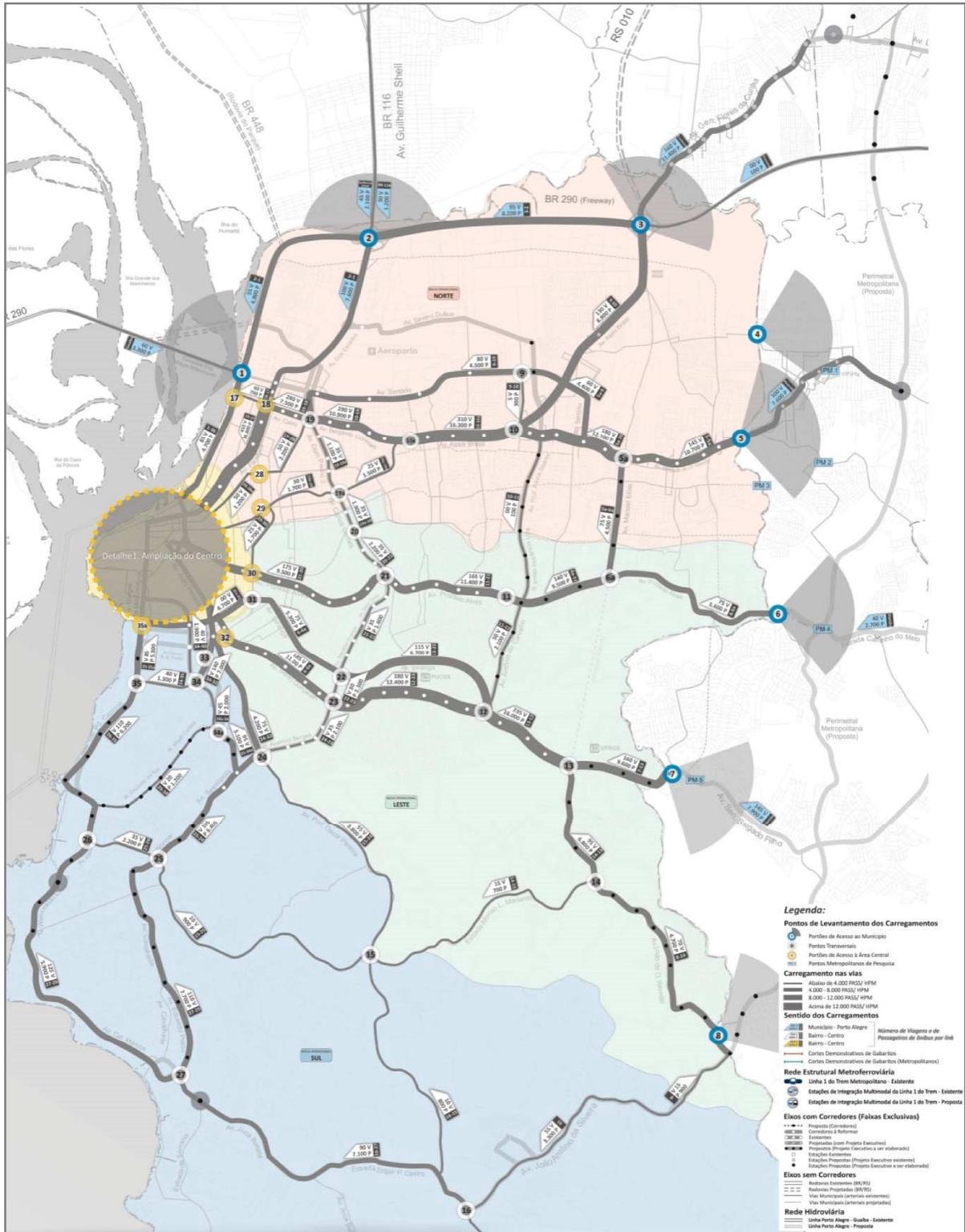
Analisando o mapa acima se percebe que a região limítrofe do município de Porto Alegre com o de Alvorada, a qual é servida de transporte coletivo pelo corredor da Av. Baltazar de Oliveira Garcia (Porto Alegre) e pelo corredor da Av. Getúlio Vargas (Alvorada), apresenta índices elevados de crescimento populacional, o que reflete no aumento dos carregamentos nesse eixo que liga os dois municípios.

Outra região de crescimento localiza-se na zona sudeste de Porto Alegre – Região da Restinga – a qual está conectada à região central por três eixos troncais: Av. João de Oliveira Remião, Av. Oscar Pereira e Estrada Edgar Pires Castro/Juca Batista, conforme mostrado no mapa da Figura 32.

Dentro da envoltória proposta para receber a linha do metrô de Porto Alegre, observa-se o crescimento na região centro-leste, a qual se conecta às outras regiões da cidade e ao centro por dois principais eixos radiais: Av. Protásio Alves e Av. Ipiranga; e um eixo transversal, Av. Antônio de Carvalho.

A Figura 33 mostra o mapa de carregamentos na hora pico manhã (HPM), nos portões de acesso a Porto Alegre e nas redes transversais, atendidos pelas linhas de transporte urbano e metropolitano e a Figura 34 apresenta o mesmo mapa na área central de Porto Alegre.

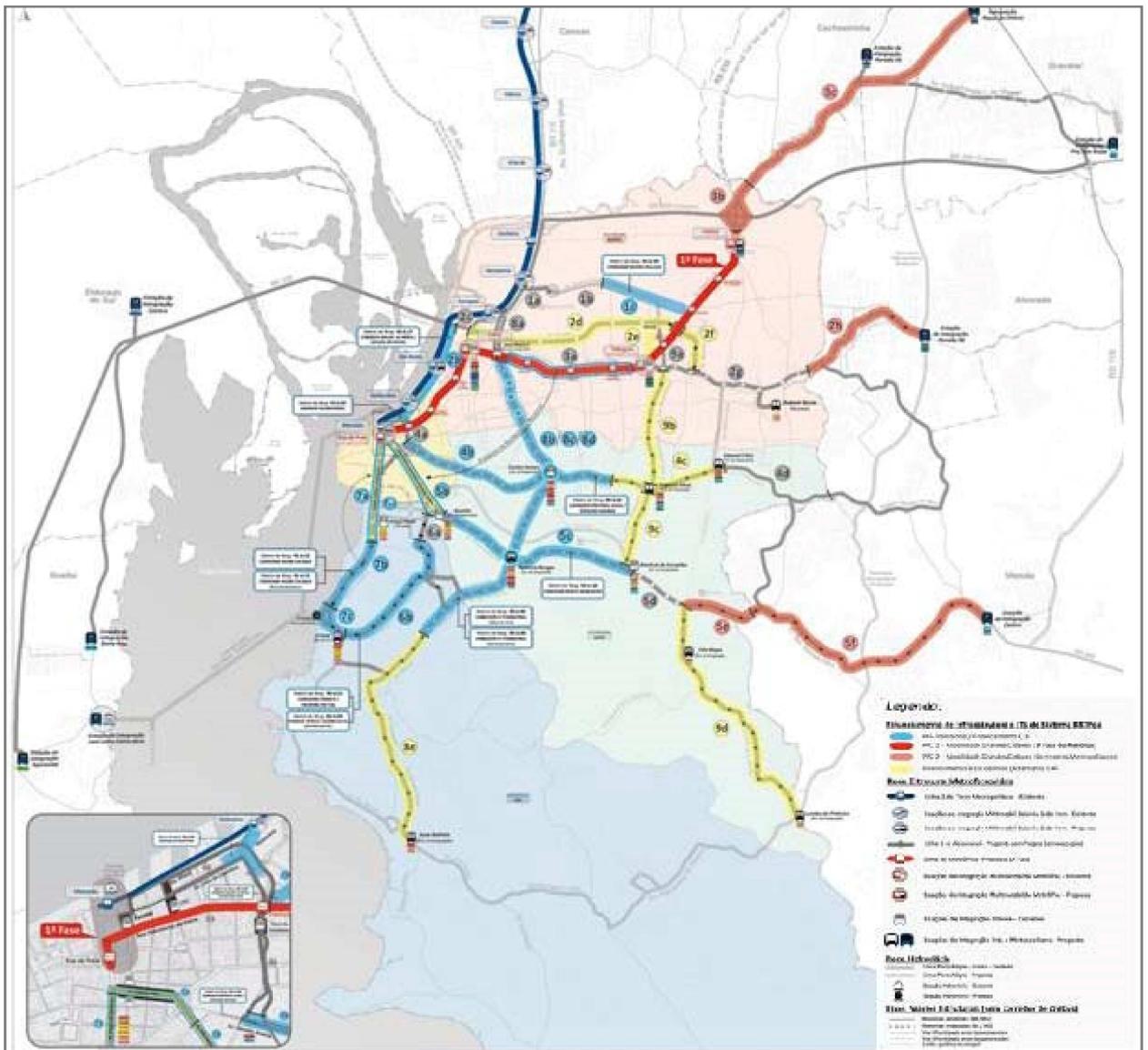
Figura 33 - Carregamentos nos portões de acesso e redes transversais



Fonte: EPTC (2012)



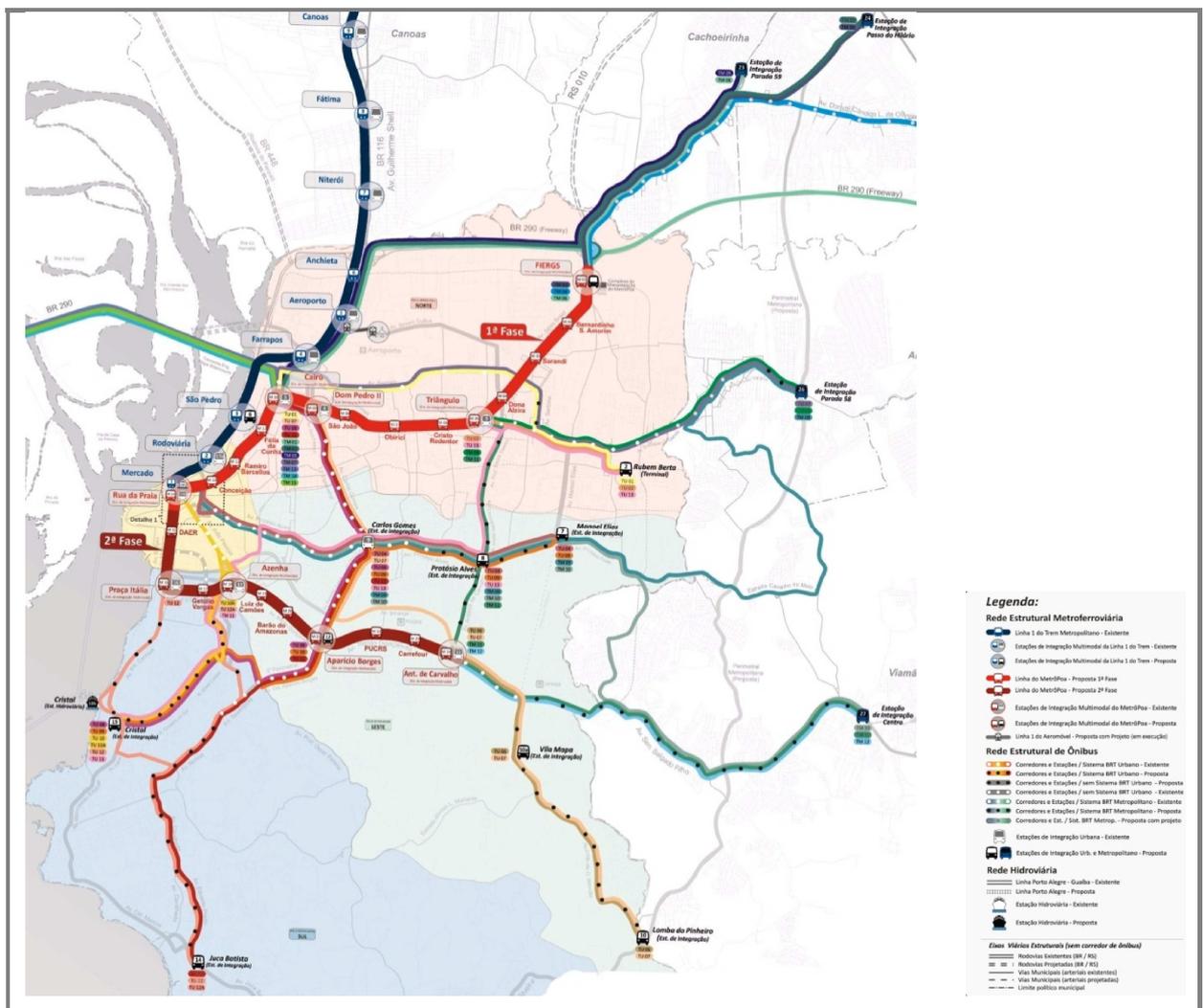
Figura 35 - Rede Estrutural Multimodal Integrada – BRT e fase 1 do MetrôPoa



Fonte: EPTC (2012)

A Figura 36 apresenta o mapa de Porto Alegre com as projeções do sistema BRT e metrô - fase 2 (horizonte de projeto 2025).

Figura 36 - Rede Estrutural Multimodal Integrada – BRT e Fase 2 MetrôPoa



Fonte: EPTC (2012)

Os mapas das figuras 35 e 36 mostram as propostas da Rede Estrutural Multimodal Integrada, resultante dos estudos e do detalhamento da proposta elaborada no PITMurb (2010), com as soluções projetadas para o sistema de transporte público em Porto Alegre. Para a implementação dessa rede, estão em desenvolvimento os projetos do Sistema BRT e MetrôPoa, tendo o início de operação previsto respectivamente para os anos 2014 e 2018. Através da interpretação desses mapas, juntamente com a análise dos mapas das Figuras 32, 33 e 34, associada a de núcleos atrativos da cidade, foram selecionadas três proposições de traçado, os quais apresentam potencial para o estudo de alternativas de um sistema VLT, e portanto, justificariam seu investimento. São elas:

- Eixo 1: Ipiranga – Circular Centro (entre os pontos transversais 12, 22, 31, 35a do mapa da Figura 33);
- Eixo 2: Zona Sul – Cristal (entre os pontos transversais 16, 27, 26 do mapa da Figura 33);

- Eixo 3: Metropolitano Alvorada – Porto Alegre (partindo da Estação de Integração – parada 58 em Alvorada seguindo pela Av. Getúlio Vargas até o Terminal Triângulo, em Porto Alegre (conforme Figura 36).

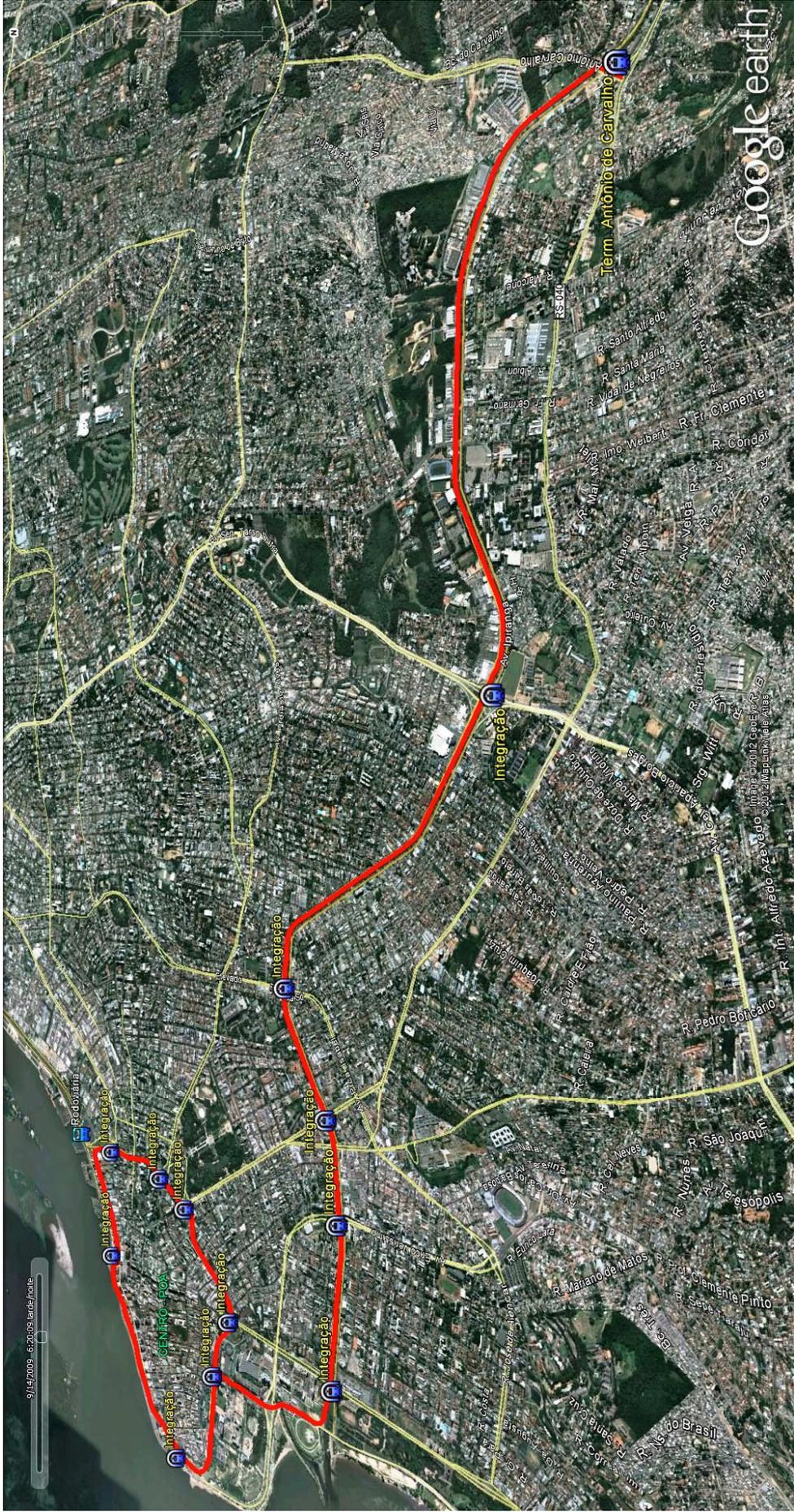
#### ***4.3.3 Eixos Escolhidos***

Os itinerários escolhidos apresentam características distintas: o Eixo 1 apresenta-se como coletor-distribuidor de média e constante demanda, isto é, com provável grande fator de renovação decorrente do sobe-desce de passageiros, na medida que percorre a Avenida Ipiranga, caracterizada por apresentar inúmeras centralidades, como universidades, hospitais, shoppings, e outros, além de atravessar bairros de crescente densidade populacional, sendo ainda, uma avenida de referência para Porto Alegre. Assim, esse eixo chega ao centro, onde percorre a conhecida 1ª Perimetral, coletando os carregamentos das redes radiais e rodoviária, e distribuindo-os para as diversas áreas centrais da cidade.

O Eixo 1 tem caráter paisagístico-sustentável, trazendo a revitalização da Av. Ipiranga, que pode ter um novo cenário para a cidade e a população, valorizando o entorno. No trecho em percurso circular, o Eixo 1 resgata a identidade histórica do centro de Porto Alegre, retirando grande parte dos ônibus que hoje circulam nesse local e, associado à implantação da Rede Multimodal Integrada projetada, removeria a maioria dos terminais de ônibus ali instalados, valorizando o patrimônio histórico e reduzindo as emissões de poluentes. Além disso, esse eixo conecta o centro administrativo da cidade ao centro histórico, além de atender as centralidades acima referidas. O VLT consegue compartilhar com as pessoas os espaços da cidade, por isso, ele as conquista e promove a valorização do transporte público. O Eixo 1 tem extensão de 16,7 quilômetros. O percurso transversal tem 10,7 km e demanda de 6.700 passageiros na HPM, entre os pontos transversais 12 e 22, e 5.300 passageiros na HPM, entre os pontos 23 e 32. O percurso circular tem extensão de 6,0 km e recebe todo o carregamento com destino a área central, conforme mapa da Figura 34.

A simulação desse eixo é apresentada na Figura 37 a seguir.

Figura 37 - Eixo 1: Ipiranga- Circular centro (eixo paisagístico-sustentável).



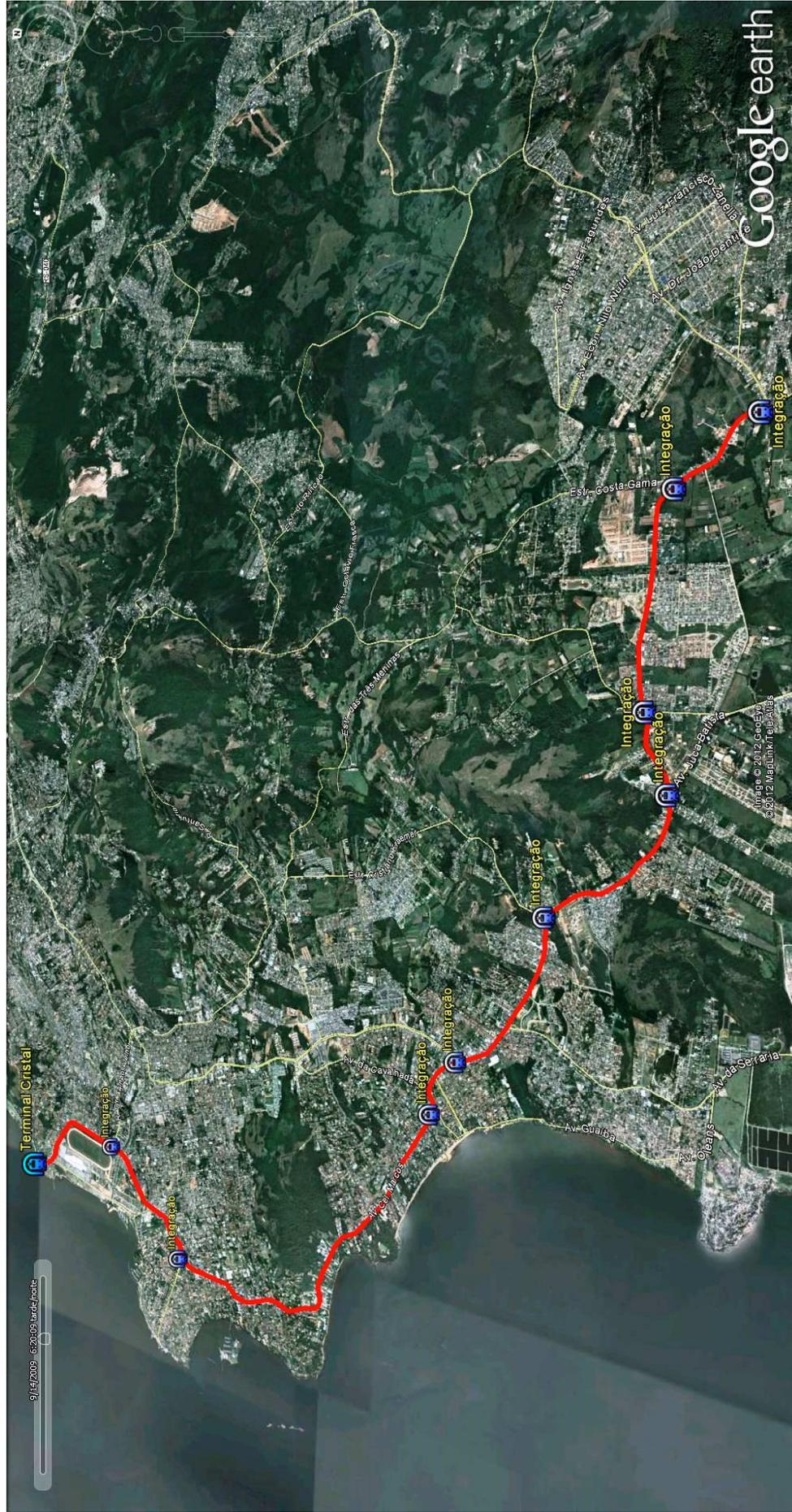
Notas: Imagem meramente ilustrativa. Traçado sobre a imagem de satélite do Google earth, sem escala.

O Eixo 2 tem caráter turístico-integrador. A Zona Sul (tens que padronizar as zonas: ou tudo minúsculo ou maiúsculo. Tem outros casos no texto) de Porto Alegre é beneficiada pelas mais belas paisagens da cidade, como o calçadão de Ipanema, a beira do Lago Guaíba, no entanto, não se conecta facilmente aos demais bairros das regiões norte, nordeste e leste da cidade. O VLT promoveria, através desse percurso, a melhor integração com essas regiões, associado aos outros modais previstos para a estruturação multimodal de Porto Alegre. O Eixo 2 tem 17,6 km de extensão sendo o mais extenso dos três eixos simulados; a demanda está estimada em 7.100 passageiros na HPM entre os pontos transversais 16, 27, e 5.900 passageiros na HPM entre os pontos 27 e 26, conforme mapa de carregamentos da Figura 33, e pode ser visto na Figura 38.

O Eixo 3 tem caráter urbanizador; com 10,2 km de extensão é o eixo de maior demanda entre os três eixos simulados. São cerca de 7.600 passageiros na HPM entre a Estação de Integração – Parada 58, em Alvorada e o portão de acesso 5, em Porto Alegre. A demanda estimada é de 10.700 passageiros na HPM entre esse portão e o ponto transversal 5a, aumentando para 12.100 passageiros na HPM entre o ponto 5a e o Terminal Triângulo. Além de integrar o município de Alvorada ao de Porto Alegre, trazendo toda a demanda daquele município, o sistema VLT no Eixo 3 promoveria o desenvolvimento para o município de Alvorada, onde a principal via de circulação e comércio é a Avenida Presidente Getúlio Vargas, que corta a cidade no sentido leste-oeste, sendo a continuação da Avenida Baltazar de Oliveira Garcia, em Porto Alegre, a partir da divisa no Arroio Feijó. É nessa via que desembocam a maioria das linhas com destino à capital, onde os moradores trabalham (METROPLAN, 2011).

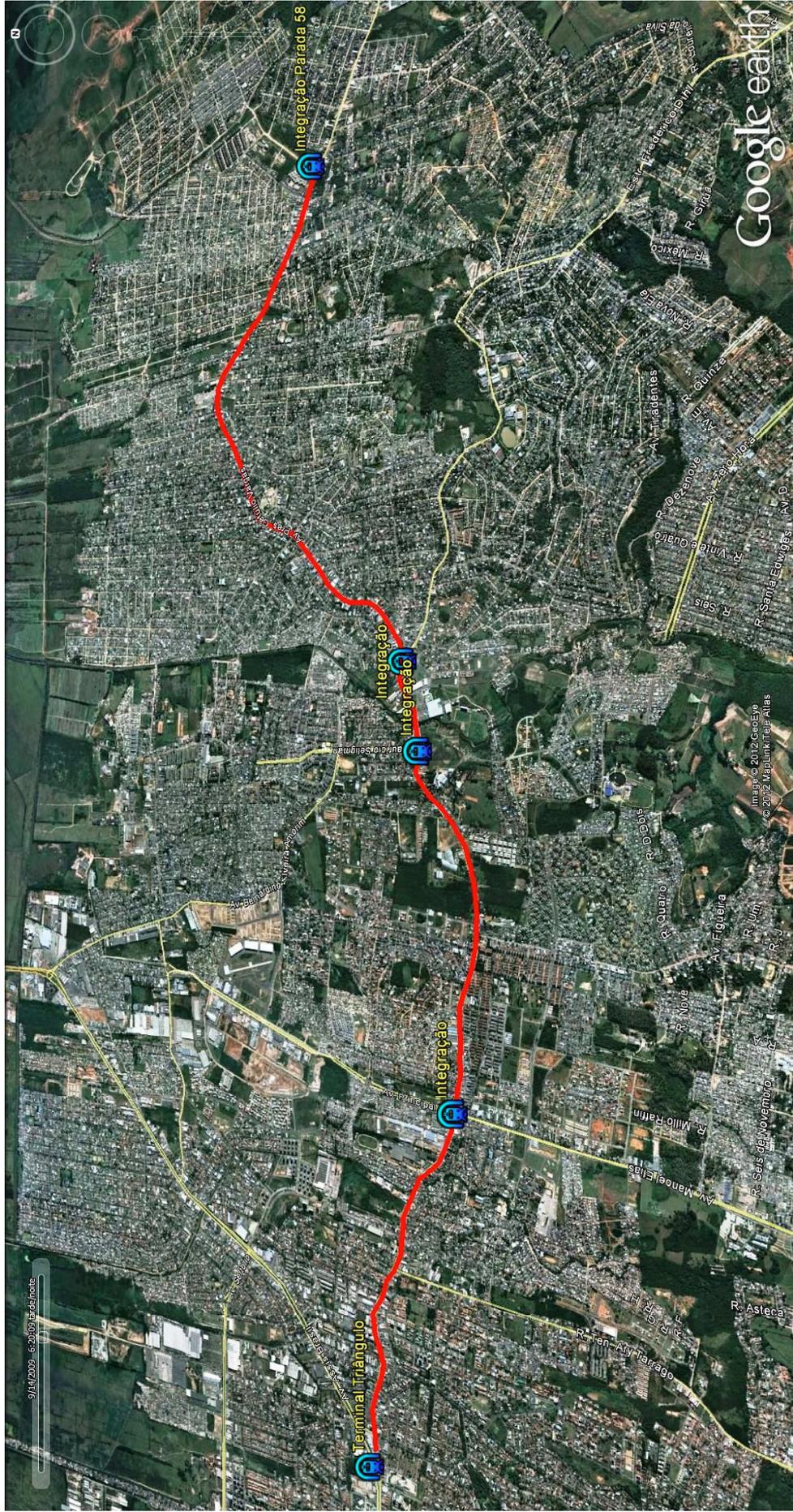
Mesmo após a implantação do Distrito Industrial de Alvorada, o qual prospera em ritmo muito lento, e com algum incremento das atividades econômicas, ainda há pouca oferta de emprego, fazendo com que a população local busque trabalho na capital e nos municípios próximos. Isso caracteriza uma população de menor poder aquisitivo, que tem o menor PIB per capita do Estado, altamente dependente do transporte público, que realiza deslocamentos pendulares concentrados nos horários de pico da manhã e tarde. O sistema viário local é precário e a Av. Getúlio Vargas se constitui em uma das poucas ligações com Porto Alegre e demais municípios, desprovida de infraestrutura que privilegie o transporte público. O VLT nesse eixo seria um propulsor de desenvolvimento no município. A simulação para o Eixo 3 pode ser vista na Figura 39. Na Figura 40 são apresentados os três eixos distribuídos sobre a imagem de satélite de Porto Alegre.

Figura 38 - Eixo 2: Zona Sul – Porto Alegre (eixo turístico-integrador).



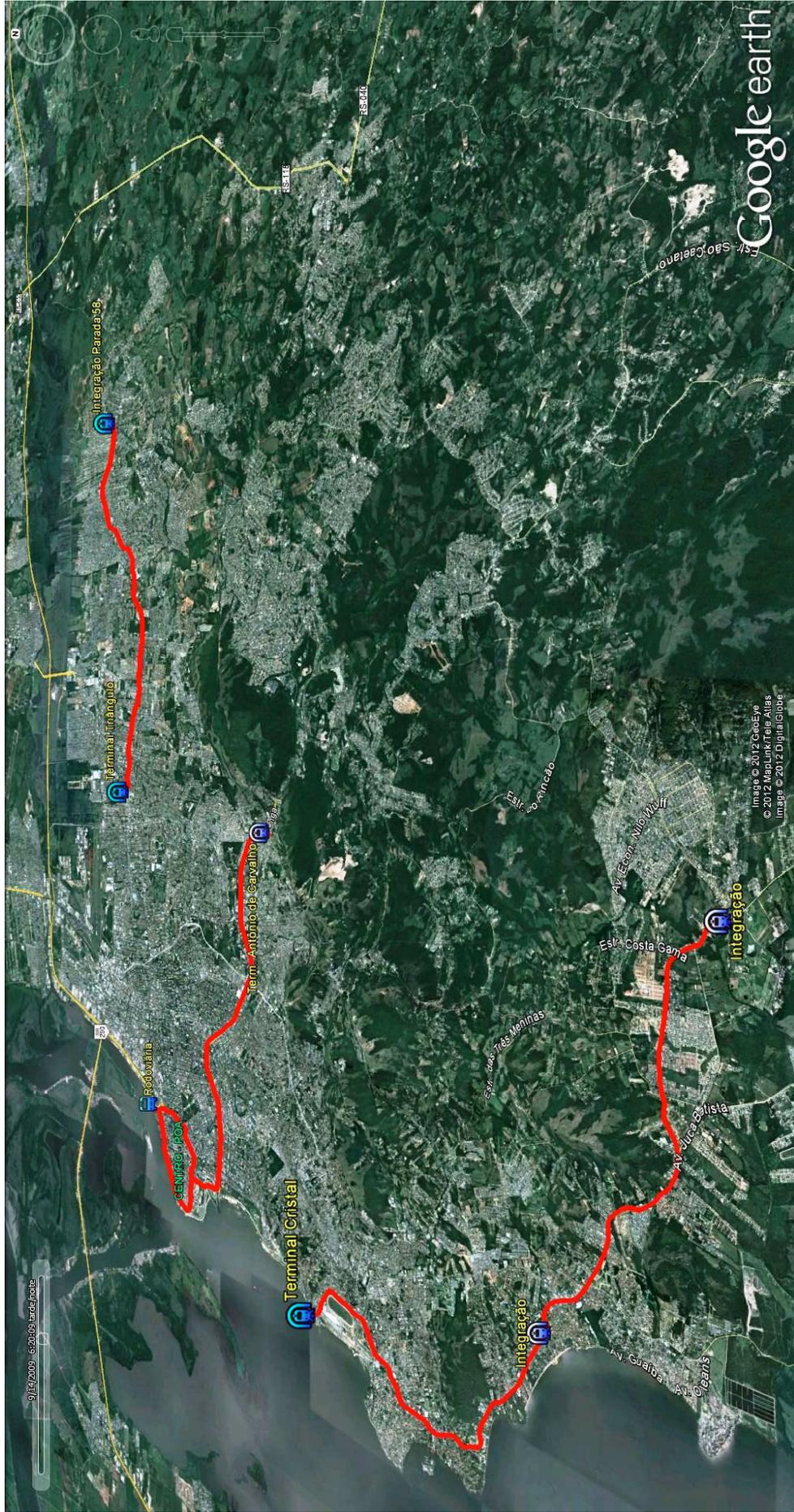
Notas: Imagem meramente ilustrativa. Traçado sobre a imagem de satélite do Google earth, sem escala.

Figura 39 - Eixo 3: Metropolitano – Porto Alegre (eixo urbanizado)



Notas: Imagem meramente ilustrativa. Traçado sobre a imagem de satélite do Google earth, sem escala.

Figura 40 - Eixos simulados para o VLT em Porto Alegre



Notas: Imagem meramente ilustrativa. Traçado sobre a imagem de satélite do Google earth, sem escala.

No contexto da mobilidade urbana sustentável, o sistema VLT pode integrar-se harmonicamente aos outros modais de transporte urbano previstos no planejamento de transporte integrado de Porto Alegre, atendendo às necessidades de mobilidade que a cidade vem buscando, e contribuindo para a qualidade de vida da população residente atual e futura. A implantação desse sistema integrado de transporte depende, todavia, de uma atuação conjunta entre poder público, operadoras de transporte e até mesmo fabricantes de veículos. Dessa forma, o cenário da mobilidade urbana em Porto Alegre será favorável para o desenvolvimento do transporte sustentável. A futura implantação do sistema VLT permitirá, além da integração entre esse modal e os modais BRT e metrô, cujos projetos estão em elaboração, a despoluição ambiental, a renovação da paisagem urbana, a valorização do transporte público de Porto Alegre e RMPA, voltando a conquistar os pessoas quanto a confiabilidade do sistema como um todo, na perspectiva da Rede Multimodal Integrada.

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS**

Este estudo procurou mostrar que o sistema VLT, como uma alternativa de transporte urbano sustentável, oferece muitos benefícios à sociedade, promovendo seu desenvolvimento. No que tange às características técnicas, o VLT atende a demandas de média capacidade consumindo menos energia por ser mais leve. Foi demonstrado que esse modo de transporte compartilha amigavelmente com outros modais e com as pessoas o espaço da cidade, contribuindo para o melhor uso e ocupação do solo. Quanto às características ambientais, o estudo mostrou que o VLT não é um transporte poluente, visto que utiliza a energia elétrica como propulsão, associando-a a energia acumulada na frenagem, o que faz desse modo de transporte 100% limpo e energeticamente eficiente. Em relação a sua funcionalidade com os outros modais, o sistema VLT apresentou integração com as redes multimodais de transporte, incluindo os modos não motorizados, apresentando rapidez no deslocamento, quando em trânsito compartilhado, por ter prioridade em cruzamentos, e velocidade e eficiência, quando totalmente segregado.

Na análise do cenário do transporte público urbano em Porto Alegre, as alternativas simuladas mostraram uma perspectiva favorável para a possibilidade do sistema VLT na cidade, integrado aos outros modais de transportes existentes e projetados, no contexto da Rede Multimodal Integrada, num horizonte de 10 a 30 anos. A sua implantação refletiria na qualidade de vida das pessoas, na urbanidade da cidade, na despoluição e preservação do meio ambiente, no resgate da confiabilidade do sistema público de transporte, expandindo, dessa forma, as oportunidades na busca pela felicidade. Quando analisado sob o aspecto da demanda, que é crescente, estima-se que Porto Alegre, na situação de cidade polo da RMPA, permaneça sendo o ponto de convergência de fluxos na busca de trabalho e estudo, comércio e serviços, continuando, portanto, a relativa dependência, nesses aspectos, dos municípios de sua região metropolitana. Considerando, ainda, o crescimento acentuado desses municípios, em termos de população e frota de automóveis, deve ser reforçada a possibilidade de novas alternativas de transporte sustentável nesses locais, que hoje se apresentam carentes quanto a qualidade dos transportes.

Investir em novas tecnologias de transporte público coletivo como o sistema VLT, que possa atrair as pessoas satisfazendo suas necessidades, está diretamente ligado a priorização, por parte das políticas públicas, do transporte público de média e alta capacidade. Nesse contexto, num cenário de perspectivas de demandas futuras por serviços de transporte referenciados em sustentabilidade, é importante destacar a importância dos avanços que ocorreram no Brasil,

mas também assumir as falhas nesse processo, como as indefinições de prioridades políticas e de projetos, a falta de articulação entre as empresas e o governo, além das dificuldades e restrições decorrentes da escassez de recursos públicos para investimentos no setor.

Assim, a superação gradativa de obstáculos na política do transporte público, de forma consistente, em um processo de reconstrução a médio e longo prazo, poderá não só permear a noção do desenvolvimento sustentável no planejamento de transporte urbano integrado, mas também estabelecer uma agenda ambiental comum entre as partes envolvidas, a ser aplicada pelas empresas privadas e pelo setor de transporte público. Dessa forma, a definição de políticas, planos e sistemas de transportes poderá incluir uma avaliação ambiental estratégica como um instrumento importante de aferição de impactos futuros em nível global.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ANTP** – Associação Nacional de Transporte Público. Anuário Estatístico. São Paulo, 2004. São Paulo –SP – Brasil , 2004.

**ANTP** – Os sistemas Integrados de Transporte Público no Brasil – Relatório da Comissão Metroferroviária da ANTP. São Paulo – SP – Brasil, 2004.

**ANTP** – Associação Nacional de Transporte Público. Dados do sistema de informações. São Paulo – SP – Brasil, 2006.

**ALOUCHE**, Peter, 2010. Seminário Firjan: Mobilidade urbana e os projetos para a Copa e a Olimpíada. O Rio de Janeiro crescendo para não parar.

**BRASÍLIA**. Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Diretrizes para a Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Brasília: Programa Brasileiro de Acessibilidade Urbana, 2004.

**BRASIL ACESSÍVEL**. Programa Brasileiro De Acessibilidade Urbana. 5- CADERNO DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE ACESSÍVEIS. Dezembro/2006 - 1ª edição - Brasília/DF

**BOARETO**, R. (2008). A Política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. Ciência & Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, no. 37, p. 73-92.

**CAVALCANTE**, R. A. (2002) – Estimativa das penalidades associadas com os transbordos em sistemas integrados de transporte público. – Dissertação – COPPE – UFRJ– Rio de Janeiro – RJ – Brasil.

**EBTU** (1988) Gerência do sistema de transporte público de passageiros – STTP. Módulos de Treinamento, Planejamento da Operação. Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos. Volumes 1 a 8.

**EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO**. Disponível em: < [www.eptc.com.br](http://www.eptc.com.br) >. Acesso em: 25 setembro de 2012.

**EUROPEAN ENVIROMENT AGENCY** - EEA, (2003) Report.

**FRASQUILHO**, M. (2001) – in Anais do “Seminário Transportes e Mobilidade na Região Metropolitana de Lisboa, 19 de março de 2001, p. 24 a 29 – Lisboa – Portugal.

**GTZ** (2000) Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH Transporte Sostenible: Texto de Referencia para Formuladores de Políticas Públicas en Ciudades en Desarrollo.

**IBGE**. Censo demográfico de 2012. Características da população e dos deslocamentos. Resultados do universo. Rio Grande do Sul: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012b.

**IBGE** divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012a.

**IEA**. Transport, energy and CO2. Paris: International Energy Agency, 2012.

**IPEA**. Infraestrutura social e urbana no Brasil: Subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Livro 6, volume 2. Projeto Perspectivas do Desenvolvimento Brasileiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010.

**IPEA**. A nova Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Comunicado do Ipea nº 128. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012.

**KNEIB**, E. C. (2004) Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. Dissertação de Mestrado em Transportes. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília.

**LESTER A.**, Hoel - Engenharia de infraestrutura de transportes/ Nicholas J. Garber, Adel W. Sadek; tradução All Tasks; revisão técnica Carlos Alberto Bandeira Guimarães. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

**MINISTÉRIO DAS CIDADES**. PlanMob – Construindo a cidade sustentável: caderno de referências para a elaboração de plano de mobilidade sustentável. Brasília: 2007.

**NABAIS**, R. J. S. (2005) – Critérios e procedimentos para avaliação do potencial de integração de estações ferroviárias de passageiros – dissertação de mestrado – COPPE – UFRJ – Rio de Janeiro – RJ – Brasil.

**NTU** (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos). Anuário 2008/2009. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/anuarioNTU2008-2009-web.pdf>>. Acesso em 20 setembro de 2012.

**NTU**. Anuário 2010-2011. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, 2011

**PDSTC** (2000) Plano Diretor Setorial de Transporte Coletivo do Município de Porto Alegre - PDSTC, Porto Alegre.

**PPDUA** (1998) Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental – PDDUA Lei Complementar 434/99, Porto Alegre.

**Protocolo de Quioto** (1998) Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre al Câmbio Climático.

**QUINTELLA**, M. O sistema metroferroviário é a grande espinha dorsal das metrópoles brasileiras. Disponível em: [http://www.cbtu.gov.br/noticias/perspectiva/entrevista/entrevista\\_quintella.htm](http://www.cbtu.gov.br/noticias/perspectiva/entrevista/entrevista_quintella.htm) Acesso em 20 ago. 2012.

Relatório Síntese - **PITMurb**, 2010. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

**RIVASPLATA**, C. (2001) – Centros de transporte intermodal: Estabelecendo criterios en America Latina – in anais do Congresso Latino-Americano de Transporte Público y Urbano – Havana – Cuba

**SISLAK**, K. G., Bus Rapid Transit as a substitute for Light Rail Transit: a tale of two cities. 2000. Disponível em: <http://www.apta.com/research/info/briefings/documents/sislak.pdf> . Acesso em: 12 outubro de 2012.

**SIEBER**, Niklas 2011. **NOBLOCH**, O S., 2011. Artigo: só metrô para Copa 2014 não resolve 25/08/2011 - Revista Época.

**UTZERI**, F. Cidades podem entrar em colapso por falta de planejamento e de conscientização política. Disponível em: [http://www.cbtu.gov.br/noticias/perspectiva/entrevista/entrevista\\_fritzutzeri.htm](http://www.cbtu.gov.br/noticias/perspectiva/entrevista/entrevista_fritzutzeri.htm). Acesso em 20 de setembro de 2012.

**VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara de. A cidade, o transporte e o trânsito. São Paulo: Pró Livros, 2005.

**VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara de. O que é trânsito. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1998.

**VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara de. Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos. São Paulo: Edição do Autor, 2006.

**VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara de. Transporte urbano nos países em desenvolvimento. São Paulo: Ed. Unidas, 1998.

**VASCONCELLOS**, E. A. Mobilidade, equidade e sustentabilidade. I Curso Internacional de Transporte e Sustentabilidade. ANTP, 2005.

**VUCHIC**, V. Urban Public Transportation: Systems and Technology. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.

### **SITES VISITADOS**

<http://www.almanaquebrasil.com.br/cultura/5573-para-nao-perder-o-bonde-da-historia.html> > acesso em 18 de setembro de 2012.

<http://www.almanaquebrasil.com.br/curiosidades-cultura/11394-inauguracao-do-metro-agitou-de-politicos-a-senhoras-catolica.html> > acesso em 15 de setembro de 2012.

<http://www.ica.org/newsroomandevents/news/2012/july/name,28859,en.html> > acesso em 22 de setembro de 2012.

[www.ruaviva.org.br](http://www.ruaviva.org.br), 2009 > acesso em 11 de setembro de 2012.

[www.sistemaredes.org.br](http://www.sistemaredes.org.br) > acesso em 04 de outubro de 2012.

<http://www.caf.es/frances/productos/accesibilidad> > acesso em 01 de outubro de 2012.