



**COPPE/UFRJ**

**METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS  
À OTIMIZAÇÃO DE ITINERÁRIOS EM UM SISTEMA INTEGRADO  
DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS**

Rafael Lucas Corrêa de Melo

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador(es): Suzana Kahn Ribeiro

Carlos David Nassi

Rio de Janeiro

Abril de 2009

METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À OTIMIZAÇÃO  
DE ITINERÁRIOS EM UM SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE  
PASSAGEIROS

Rafael Lucas Corrêa de Melo

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

---

Prof. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

---

Prof. Carlos David Nassi, Dr. Ing.

---

Prof. Paulo Márcio Leal de Menezes, D.Sc.

---

Prof. Márcio Peixoto de Sequeira Santos, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2009

Melo, Rafael Lucas Corrêa

Metodologia para Identificação de Áreas Potenciais à Otimização de Itinerários em um Sistema Integrado de Transporte de Passageiros/ Rafael Lucas Corrêa de Melo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

IX, 137 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador (es): Suzana Kahn Ribeiro

Carlos David Nassi

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 134-137.

1. Sistema integrado de transporte. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Itinerários. I. Ribeiro, Suzana Kahn e Nassi, Carlos David. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

## **Agradecimentos**

Apesar da ordem dos agradecimentos não possuir relação de importância, não dá pra não começar por meus pais, irmã e cachorro Tropeço, que sempre me apoiaram nas arenas da vida e foram fundamentais nessa vitória através de todo tipo de apoio imaginável.

A Adriana Mancebo, companheira, namorada e mulher, que mais do que ninguém esteve tanto tempo ao meu lado nesta jornada, dividindo com paciência, os momentos de desequilíbrio e também as alegrias e a linguagem do transportês a cada novo passo.

A Rosângela (Danda) e Aizê, mães de quem não herdei o sangue, mas que me criaram e me apóiam direta e indiretamente nas artes que continuo aprontando.

Ao grupo Gato Preto! Sempre presente onde quer que esteja e fundamentais para a troca de idéias, críticas, gargalhadas, música e descontração, fonte de energia vital para nos transportar na vida.

A minha querida avó Neusa, “autora” que sempre citarei por uma de suas últimas frases da vida “o amor é mais forte que a morte!” e que me encheu desse amor, o qual aplico nas coisas que faço e nas pessoas que encontro para que seja repassado às outras gerações, assim como o conhecimento científico.

A Sérgio Henrique, que por seus gestos e palavras logo me demonstrou seu potencial profissional e humano, foi “braço esquerdo” neste trabalho! Companheiro canhoto por natureza, está presente em quase todas as etapas deste trabalho.

A Joelma Barbosa, companheira que “veste a camisa” no que faz e ajuda a curar este mundo, mesmo longe das enfermarias, foi “braço direito” neste trabalho.

A Marcos Machado que nunca mediu esforços na luta por um transporte coletivo de qualidade e sempre utilizou suas mãos onde os braços permitiram alcançar, fui ator fundamental neste trabalho.

A Laismeyre, que me acolheu na MACTRAN, me motivou em todos os momentos profissionais e até na enfermidade se fez presente, profissional que vê a árvore e a floresta, o boi e a boiada, carrego o aprendizado comigo.

Ao Sr. Jayme, responsável por colocar o transporte público em meu caminho, contribuir para meu crescimento através desta experiência e das discussões, muitas vezes calorosas, mas que sempre foram enriquecedoras e que fazem parte de um ambiente onde há pensamento e crítica.

Aos colegas de turma do PET, que por sua diversidade de origens e experiências contribuíram para meu crescimento e paixão por este curso.

A Frau Martina Neuburger, Herr Martin Coy, Herr Kohl Hepp e Cristian Kay e Universidade de Tuebingen, Alemanha, que me apoiaram em uma experiência de vida que teve impacto imensurável em minha forma de pensar e ver o mundo, muito importante para a formação do cientista.

A CAPES – Governo Federal, MACTRAN – Macaé Transito e Transportes, PET/COPPE/UFRJ e IGEO – Instituto de Geociencias, que viabilizaram minha formação acadêmica e o desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Paulo Menezes, que me apresentou a linda arte de trabalhar com mapas de forma científica, por seu comprometimento na avaliação deste trabalho e pelo exemplo de distinção entre trabalho e carinho com os alunos.

Aos meus orientadores e professores Carlos David Nassi, Suzana Kahn Ribeiro e Márcio Peixoto, que por suas reconhecidas competências e experiências, contribuíram significativamente com críticas e ponderações para meu crescimento, mesmo que algumas vezes tenham me custado “noites em claro”, obrigado.

A Antonio Álvarez Parada, pelas obras que deixou e que muito me motivaram em meu trabalho em sua amada cidade.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente, mas que não foram aqui mencionados.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À OTIMIZAÇÃO  
DE ITINERÁRIOS EM UM SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE  
PASSAGEIROS

Rafael Lucas Corrêa de Melo

Abril/2009

Orientadores: Suzana Kahn Ribeiro  
Carlos David Nassi

Programa: Engenharia de Transportes

O crescimento das cidades e do uso do automóvel tem exigido dos sistemas de transporte coletivo de passageiros constantes aprimoramentos operacionais, a fim de se garantir a atratividade deste modo de transporte e melhores condições de mobilidade urbana. Desta forma, o objetivo deste estudo é desenvolver uma metodologia de identificação de áreas potenciais à otimização de itinerários em um sistema integrado de transporte de passageiros. A proposta consiste na análise integrada de dados do sistema de transporte coletivo e do contexto urbano através do uso de sistema de informação geográfica, resultando na identificação de áreas de alto, médio e baixo potencial à otimização de itinerários. A metodologia foi aplicada ao caso de Macaé-RJ e os resultados demonstraram consistência na utilização deste método para diagnósticos, tendo em vista que os ajustes de itinerários realizados nas áreas de alto e médio potencial, refletiram em diminuição da necessidade de transbordo, diminuição do tempo de percurso e redução de custos para o órgão gestor e empresas operadoras.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

METHODOLOGY TO IDENTIFY POTENTIAL AREAS OF ITINERARIES  
OPTIMIZATION AN INTEGRATED PASSENGER'S TRANSPORT SYSTEM

Rafael Lucas Corrêa de Melo

April/2009

Advisors: Suzana Kahn Ribeiro

Carlos David Nassi

Department: Transport Engineering

The growth of cities and the use of automobile has required from the public transport system permanent operational improvements to assure the attractivity of this transport meaning and better urban mobility conditions. So, the aim of this work is to develop a methodology to identify potential areas of itineraries optimization an integrated passenger's transport system. The proposal consists in an integrated analysis of public transport system data and of the urban context with the use of a Geographic Information System, thus resulting in an identifying high, medium and low potential areas of itineraries optimization. The methodology has been applied in Macaé city and the results points out to a consistent use of this diagnosis method. The settled itineraries in the high and medium potential areas caused a slope down of transfers needs and route time, as reduction costs of the public manager transport's offices and for operator companies.

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificativa.....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Hipótese .....	4
1.4. Estrutura da Dissertação.....	4
<b>2. Conceitos Básicos.....</b>	<b>5</b>
2.1. Pesquisa e Planejamento em Transportes .....	5
2.2. Sistemas Integrados de Transporte Coletivo .....	9
2.2.1. Aspectos Gerais .....	9
2.2.2. Vantagens .....	11
2.2.3. Desvantagens .....	13
2.2.4. Integração Física, Tarifária e no Tempo .....	14
2.2.5. Tipos de Linha segundo o Traçado e Função.....	17
2.2.6. Corredor de Transporte Público e Linha Troncal .....	19
2.2.7. Redes de Transporte Público.....	20
2.2.8. Definição de Traçado .....	23
2.2.9. O Sistema Integrado de Curitiba – PR .....	25
2.3. Sistema de Informação Geográfica.....	28
2.3.1. Conceitos e Aplicações .....	28
2.3.2. O Software <i>Transcad</i> .....	30
2.3.3. Cartografia Básica e Temática .....	31
2.4. Áreas Potenciais .....	36
<b>3. Metodologia.....</b>	<b>37</b>
3.1. Descrição Geral.....	37
3.2. Levantamento sócio-econômico regional do norte-fluminense .....	39
3.3. Levantamento histórico dos transportes em Macaé.....	40
3.4. Correção e atualização da demanda do transporte coletivo.....	41
3.4.1. Demanda por linha .....	42
3.4.2. Demanda por sentido .....	43
3.4.3. Demanda por sentido no pico da manhã .....	43
3.4.4. Demanda no acesso aos terminais .....	44
3.4.5. Flutuação da demanda.....	45
3.5. Pesquisa Embarque/Desembarque .....	47

3.6.	Bases Cartográficas.....	50
3.6.1.	Considerações Gerais.....	50
3.6.2.	Arquitetura e Implantação de Banco de Dados.....	50
3.6.3.	Atualização da Base de Vias.....	50
3.6.4.	Identificação da Área Urbana.....	51
3.6.5.	Traçado de Linhas.....	52
3.6.6.	Identificação de Pontos de Parada .....	53
3.6.7.	Identificação de Terminais .....	55
3.6.8.	Identificação de Creches e Escolas .....	55
3.6.9.	Identificação de Pontos Notáveis .....	56
3.6.10.	Atendimento Espacial do Sistema.....	59
3.6.11.	Distribuição da Demanda por Linha e por Sentido.....	59
3.6.12.	Distribuição do Embarque e Desembarque por Linha e por Sentido .....	61
3.6.13.	Distribuição do Emb. e Des. por Pontos de Parada.....	62
3.6.14.	Distribuição de Passageiros no Acesso aos Terminais .....	63
3.6.15.	Tipologia de Uso do Solo Urbano .....	64
3.7.	Método Proposto.....	66
<b>4.</b>	<b>Transportes na cidade de Macaé – RJ.....</b>	<b>78</b>
4.1.	Espaço regional e transportes em Macaé .....	78
4.2.	O Sistema Integrado de Transporte de Macaé .....	97
<b>5.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>98</b>
5.1.	Considerações Gerais.....	98
5.2.	Áreas de Alto Potencial.....	99
5.2.1.	O caso da Granja dos Cavaleiros.....	99
5.2.2.	O caso do Lagomar .....	108
5.2.3.	O caso da Ajuda de Baixo .....	112
5.3.	Áreas de Médio Potencial .....	115
5.3.1.	O caso Nova Holanda/Barra.....	115
5.3.2.	O caso Nova Macaé/Aroeira .....	126
5.3.3.	O caso Botafogo/Aroeira .....	128
5.4.	Áreas de Baixo Potencial.....	129
<b>6.</b>	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>130</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>134</b>

# 1. Introdução

## 1.1. Justificativa

O fenômeno das aglomerações urbanas pela qual vem passando a sociedade nas últimas décadas tem refletido impactos significativos sobre a mobilidade no tecido urbano e na qualidade de vida dos cidadãos. A saturação das cidades, combinada com a depreciação dos serviços de transporte coletivo e a promoção de facilidades de aquisição do automóvel no mercado, tem conduzido grande parte das cidades a situações caóticas nos sistemas de transporte.

Desta forma, a otimização e a promoção da qualidade dos sistemas de transporte coletivo constituem atualmente fator estratégico para a melhoria das condições de mobilidade e qualidade de vida nas cidades.

Neste contexto, o presente trabalho pretende contribuir para o desenvolvimento de metodologias voltadas à otimização de sistemas integrados de transporte de passageiros, a partir do uso de tecnologia da informação aplicada a atividades de gestão.

A metodologia proposta consiste, de forma geral, na utilização de dados operacionais do transporte coletivo e dados do contexto urbano em um Sistema de Informação Geográfica, com o objetivo de se identificar áreas com maior ou menor potencial à alteração de itinerários de linhas do transporte coletivo, tendo em vista, principalmente, a redução da necessidade de transbordo.

Esta metodologia também pretende permitir a redução de custos de pesquisas para suporte à tomada de decisão, através da identificação de áreas e linhas prioritárias para levantamentos no sistema de transporte a ser analisado.

Na atual dinâmica acelerada do contexto urbano das cidades, os sistemas de transporte de passageiros têm exigido constante reavaliação de suas estruturas e métodos operacionais, a fim de se garantir melhores serviços e condições de mobilidade.

A metodologia desenvolvida foi aplicada ao caso do Sistema Integrado de Transporte Coletivo do município de Macaé – RJ, implantado em março de 2006 a fim de se promover a acessibilidade e racionalização do sistema de transportes através de um sistema tronco-alimentador com integração física e tarifária.

Este sistema é composto, basicamente, de linhas alimentadoras, que atendem aos usuários no interior dos bairros, de terminais de integração, que permitem a integração com outras linhas mediante o pagamento de uma única passagem e de linhas troncais, que operam realizando a ligação entre os terminais.

Encerrando recentemente o segundo ano de funcionamento de forma bastante conturbada, o sistema reflete as dificuldades de acompanhamento das transformações aceleradas pela qual vem passando o município, principalmente em função dos impactos das atividades de exploração de petróleo e gás na Bacia de Campos.

A metodologia desenvolvida se destaca pela utilização de dados básicos de planejamento e gestão de sistemas de transporte de passageiros, bem como por sua viabilidade de aplicação com ferramentas de análise disponibilizadas na maioria dos Sistemas de Informações Geográficas.

A tecnologia da informação tem representado ferramenta fundamental para a eficiência operacional dos sistemas de transporte, com destaque para as tecnologias denominadas de Sistemas Avançados para Transporte Público (*Advanced Public Transportation System*), conforme apontado pelo Departamento de Transportes dos Estados Unidos.

Os Sistemas de Informações Geográficas se destacam neste contexto através do relacionamento entre mapas e banco de dados, velocidade de consultas, realização de análises para diagnósticos e para suporte à tomada de decisão.

Desta forma, esperamos contribuir com metodologias que possam ser utilizadas por órgãos gestores de transportes e empresas operadoras na promoção da eficiência operacional e redução de custos em sistemas de transporte de passageiros.

## 1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma metodologia para identificação de áreas de maior potencialidade à alterações de itinerários em um sistema integrado de transporte de passageiros, tendo em vista a diminuição da necessidade de transbordo.

Com a identificação destas áreas, espera-se contribuir com um diagnóstico eficiente e que possa ser utilizado em levantamentos mais específicos com o objetivo de intervenções sobre o sistema.

Dentre os objetivos específicos do trabalho podemos destacar duas componentes:

- a) Desenvolver uma metodologia que possa identificar áreas de acordo com seu nível de potencialidade à otimização de itinerários, tendo em vista a redução da necessidade de transbordo. As áreas a serem identificadas correspondem àquelas atendidas por linhas circulares e alimentadoras, sendo identificadas áreas de alto, médio e baixo potencial à otimização de itinerários. Os dados primários utilizados referem-se à pesquisa de embarque e desembarque de passageiros, demanda das linhas, extensão das linhas, nº de viagens realizadas por linha e tipos de uso do solo. A identificação das áreas potenciais é realizada através da ferramenta de conexão SIG (Sistema de Informação Geográfica), com base em uma análise integrada de dados operacionais do sistema de transporte e dados do contexto urbano que indiquem elevada necessidade de transbordo.
- b) Possibilitar a diminuição de custos de pesquisas através da seleção de áreas e linhas prioritárias para levantamentos de dados específicos para suporte à tomada de decisão sobre novos traçados de itinerários.

A metodologia proposta foi aplicada ao caso do Sistema Integrado de Transporte Coletivo da cidade de Macaé – RJ, com enfoque sobre as linhas urbanas do sistema.

### 1.3. Hipótese

O desenvolvimento deste trabalho e de seus critérios metodológicos foram inicialmente pautados pela hipótese de que *os locais de maiores volumes de transbordo envolvendo linhas de menor extensão, representam locais com maior possibilidade de uma ligação direta representar saldo positivo para o sistema.*

A implantação de linhas diretas em um sistema de transporte geralmente apresenta impactos positivos e negativos, devendo estes serem mitigados e ponderados para a tomada de decisões, tendo em vista o sistema de transporte de passageiros e todo o sistema de circulação da cidade.

Desta forma, o método proposto parte da relação entre maiores volumes de transbordo e linhas de menor extensão, para que em seguida sejam analisadas outras variáveis do sistema.

A hipótese apresentada acima foi formulada com base em três considerações principais como se segue:

- a) Grandes volumes de passageiros transportados em curtas distâncias representam maiores dificuldades operacionais
- b) Quantidade significativa de usuários pode ser beneficiada com a eliminação do transbordo
- c) Grandes volumes de transbordo representam maiores custos administrativos

### 1.4. Estrutura da Dissertação

Este estudo está dividido em sete capítulos, sendo apresentadas as motivações e considerações básicas do trabalho no primeiro capítulo, seguido dos conceitos e conhecimentos básicos dos temas envolvidos no estudo, no segundo capítulo e no terceiro capítulo é apresentada toda a metodologia utilizada, com destaque em item específico para o *Método Proposto*. O quarto capítulo aborda informações específicas do caso dos sistemas de transporte da cidade de Macaé-RJ, bem como de aspectos regionais que direta ou indiretamente também influenciam estes sistemas. No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo, seguido das considerações finais e recomendações sobre a metodologia desenvolvida, que são contempladas no capítulo 7. O capítulo 8 apresenta a bibliografia utilizada ao longo do estudo.

## 2. Conceitos Básicos

### 2.1. Pesquisa e planejamento em transportes

O sistema de transporte de passageiros de uma cidade está inserido em um sistema de circulação geral de elevada complexidade, o qual é regido por um leque bastante diverso de variáveis e que de acordo com a dinâmica social, política e econômica de determinado local, geram novos contextos e em grande parte dos casos aumentam sua complexidade (BRAGA, 2001).

Desta forma, as atividades de pesquisa e planejamento em sistemas de transporte desempenham papel fundamental na identificação de problemas e na otimização desses sistemas, devendo ser realizadas sistematicamente a fim de se acompanhar a dinâmica social com a minimização dos impactos negativos gerados pelos transportes (BRAGA, 2001).

Depois de um grande período de fraco planejamento de transportes, falta de confiança da sociedade em modelos de planejamento estratégico e ênfase em medidas de curto prazo, os problemas de transporte atuais continuam os mesmos que afligiam as décadas de 60 e 70 (século XX): congestionamentos, poluição, acidentes, déficits financeiros, enfim, desperdício geral de dinheiro, tempo e qualidade de vida. Isso mostra que medidas operacionais e táticas, como tentar apenas melhorar o fluxo de tráfego, não são suficientes para resolver os problemas relacionados aos transportes, e ainda podem potencializar as conseqüências negativas. No fim da década de 80 (século XX), novamente o mundo desenvolvido voltou a confiar na tecnologia para gerar soluções. Na realidade, a evolução da eletrônica, que inclui telecomunicações e informática, permitiu o advento de computadores a baixo custo e grande poder de processamento, o que tornou possíveis novos conceitos de infra-estrutura em transportes e praticamente eliminou o processamento dos dados como restrição à modelagem dos sistemas de transporte (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Para realmente se ter um planejamento de transportes, além da modelagem, são necessários vários elementos como: ações administrativas, uma rede de pesquisas, profissionais capacitados e uma boa comunicação entre tomadores de decisão, meios de comunicação e o público em geral (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Esses longos períodos de pouco investimento, tanto em infra-estrutura de transporte quanto em planejamento, associado ao crescimento econômico, gerou níveis de demanda que extrapolam a capacidade da maioria dos sistemas de

transporte, tornando suscetíveis de colapso em situações que fogem ao comportamento médio (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

A seguir, tem-se uma lista das principais características da demanda em transportes de acordo com os autores ORTÚZAR E WILLUMSEN (1996):

1. Altamente qualitativa e diferenciada, isto é, diferencia-se por período do dia, dia da semana, propósito do deslocamento, tipo de carga, importância da velocidade e da frequência etc. Isso torna mais difícil analisar e prever a necessidade de serviços de transporte.
2. Derivada, isto é, as pessoas e cargas se deslocam para suprir alguma necessidade no destino, não pelo deslocamento em si.
3. Distribuída no espaço geográfico, ou seja, é a distribuição das atividades pelo espaço que gera a demanda por transportes.

A principal característica da oferta de transportes está no fato de o transporte ser um serviço. Isso significa que ele não pode ser armazenado, sendo consumido no local e momento em que está sendo produzido. Por isso, é importante estimar a demanda com a maior acurácia possível, para evitar o desperdício de recursos (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Os recursos destinados à oferta de transportes são as estações, rodovias, trilhos, locomotivas, veículos etc. A combinação dessa infra-estrutura e veículos com as regras de operação torna possível o deslocamento de pessoas e bens (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Os investimentos em transportes exigem um cuidadoso processo de planejamento, visto que são obras que levam de 5 a 15 anos para serem implementadas. Isso implica em pesquisar e prever a demanda no tempo, de forma que o bem-estar social seja maximizado. Os modelos contribuem ao permitir identificar problemas e escolher o melhor caminho a seguir com embasamento teórico sólido e coerente (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Segundo estes mesmos autores, os modelos usados em planejamentos de transportes são divididos em gerações: a primeira geração é formada pelos modelos agregados, que foram largamente utilizados em estudos de transportes até os anos setenta; a segunda geração é caracterizada pelos modelos desagregados, que tiveram largo uso na década de 80 e 90 (século XX) (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Os modelos agregados são caracterizados por tentar representar o complemento de classes de pessoas circunscrito a um texto de localização, como

por exemplo, a classe ou categoria de proprietários de automóveis, ou usuários do transporte público em determinada região. Isso implica em certo nível de agregação, que pode ser a média ou o somatório total das observações, das variáveis explicativas. Esses modelos foram amplamente criticados por sua inflexibilidade, falta de acurácia e custo elevado. Os modelos desagregados pretendem representar o comportamento individual do usuário do sistema de transporte. As variáveis explicativas são pesquisadas e usadas para cada viajante (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Também existe uma vertente de pesquisa voltada para os modelos ditos simplificados. Esses são aplicações simplificadas da modelagem tradicional com o objetivo de aumentar a frequência dos exercícios de planejamento e parecem ter obtido grande espaço no meio acadêmico, principalmente os baseados em contagem de tráfego, como apontou (BRAGA, 2001) sobre os trabalhos de TAMIN, WILLUMSEN (1989), TAMIN (1992), C. S. FISK (1987) e ENNIO CASSETTA (1984).

Outros trabalhos mais recentes e com uso de Sistema de Informação Geográfica também têm contribuído para a geração de modelos simplificados e marcam um período de reconhecimento desta ferramenta no subsídio a tomada de decisões como mostram os trabalhos de BRAGA (2001), JUNIOR (2002), GONÇALVES (2003), CRAVEIRO (2004), entre outros autores e laboratórios do país.

Outra abordagem importante diz respeito a base de tempo dos dados utilizados na modelagem de transportes. Usualmente, os dados são estáticos, isso é, correspondem a um período base (cross-section approach). Isso leva a dois problemas básicos:

1. Corre-se o risco de basear o modelo em um momento em que o sistema esteja desequilibrado, prejudicando a visão;

2. Um modelo bem ajustado para o período base não garante que o mesmo seja válido para o momento que se pretende projetar, isso por que é possível calibrar o modelo mesmo que seja pouco representativo do fenômeno. A alternativa seria a série temporal ou dados dinâmicos (CREMER, KELLER, 1986), entretanto os modelos baseados em séries temporais não tiveram ainda um progresso significativo (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

O desenvolvimento de modelos eficazes é mais fácil se não se dispõe de meios que permitam observar o comportamento do sistema sob um grande conjunto de condições. Até meados da década de 80 (século XX) era um paradigma da modelagem da demanda de transportes que essa deveria ser baseada em escolhas

e decisões observadas, isso é, dados oriundos de aplicação de técnicas de preferência relevada (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

NOVAES (1986) classifica os modelos baseados em preferência relevada de convencionais, pois não incorporam variáveis que traduzam as reações dos usuários a diversas alternativas de transportes. Simplificadamente, certas categorias de viagens podem ser potencializadas ou reprimidas pelas características dos transportes disponíveis. A abordagem da preferência relevada tem limitações, principalmente quando se quer estudar efeitos de atributos difíceis de perceber, como qualidade do serviço por exemplo, ou quando vai ser estudada a implementação de uma nova solução. As técnicas de preferência declarada vêm suprir as dificuldades mencionadas acima, já que oferecem ao entrevistado situações hipotéticas tanto sobre os atributos difíceis de perceber, quanto para as novas opções ainda não existentes (ORTÚZAR, WILLUMSEN, 1996).

Tradicionalmente, a modelagem de transportes é dividida em quatro etapas interdependentes (NOVAES, 1986):

#### 1. Geração/Atração de viagens

A etapa de Geração/Atração de viagens, além dos modelos de geração e atração de viagens, inclui a etapa de zoneamento da área de estudo.

O zoneamento é feito buscando-se delimitar zonas em que tanto atributos da população, isto é, variáveis sócio-econômicas, quanto características de ocupação e transporte sejam uniformes.

Os modelos de geração e atração de viagens procuram explicar o total de viagens produzidos e atraídos em uma zona em função de características sócio-econômicas e de uso do solo.

#### 2. Distribuição de viagens:

Seguindo a seqüência, depois de concluída a etapa de geração/atração de viagens, vem a etapa de distribuição que nada mais é que estimar qual percentual de viagens que cada zona contribui para o total de viagens atraídas por uma determinada zona (matriz O/D).

### 3. Divisão por modo de transporte:

Feita a distribuição, é preciso saber como essas viagens serão feitas, isto é, quais os modos de transporte e quantas viagens cada um deles comportará.

### 4. Alocação na rede e transporte:

Por fim, é preciso determinar quais os trajetos serão utilizados nas viagens, isto é, é preciso alocar as viagens na infra-estrutura de transportes disponível.

A metodologia desenvolvida neste trabalho aborda inicialmente a etapa de geração/atração de viagens, de forma agregada, com base nas viagens geradas e atraídas por ponto de parada. Em seguida são aplicadas técnicas com uso de geoprocessamento estimando a maior ou menor possibilidade de movimento de passageiros entre linhas de ônibus do sistema analisado, o que constitui a maior proximidade do estudo com a Distribuição de Viagens. A identificação de áreas potenciais à alteração de itinerário é baseada em variáveis explicativas que sugerem maior ou menor possibilidade de otimização da distribuição de viagens e de sua alocação na rede.

## 2.2. Sistemas Integrados de Transporte Coletivo

### 2.2.1. Aspectos Gerais

Quando o transbordo de passageiros (transferência de um veículo para outro) é realizado em local apropriado, exigindo pequenas distâncias de caminhada por parte do usuário, diz-se que há integração física ou simplesmente integração dos modelos de transporte. A integração física pode ser intermodal, quando a transferência de passageiros ocorre entre veículos de modos diferentes, ou intramodal quando do mesmo modo. Alguns exemplos de integração física no transporte urbano de passageiros compreendem para FERRAZ, TORRES (2004), as seguintes integrações:

- Integração metrô-carro: caracterizada pela existência de estacionamento para carros (automóveis, peruas ou caminhonetas) junto a uma estação do metrô.
- Integração ônibus-carro: caracterizada pela existência de estacionamento para carros (automóveis, peruas ou caminhonetas) junto a uma estação do ônibus.

- Integração metrô-ônibus: caracterizada pela existência de uma estação (terminal) de ônibus anexa a uma estação de metrô.
- Integração ônibus-ônibus: caracterizada pela passagem de diversas linhas de ônibus numa mesma estação (terminal).

A ANTP (1999) aponta como um problema encontrado pelo usuário a necessidade de realização de transferências para duas ou três conduções, resultado do crescimento desordenado das cidades, significando desconforto, insegurança e aumento de custo da viagem.

Segundo a ANTP (1999), pode-se perceber alguns aspectos para a necessidade de implantação de um sistema integrado. Isso acontece quando a cidade apresenta situações semelhantes às descritas a seguir:

- A cidade começa a apresentar diversos pontos de destino de viagens e não apenas a área central, fazendo com que cresça o percentual de transferências no centro para a conclusão da viagem, a saturação da oferta e a irracionalidade do trânsito;
- O crescimento da necessidade da utilização de duas ou mais conduções por viagem acarreta o aumento do custo de transporte para o usuário;
- As linhas, mesmo otimizadas a máximo, já não conseguem atender aos desejos dos usuários;
- A demanda ultrapassa o limite operacional do modo de transporte e/ ou o corredor de tráfego se encontra saturado;
- Há queda da qualidade do serviço e degradação ambiental.

A integração é uma possibilidade para a reorganização do sistema, eliminando a superposição de linhas. Com a existência de excesso de ônibus e diversas linhas em um mesmo corredor surgem congestionamentos, o que acarreta baixas velocidades e impontualidades e aumenta o valor do custo total, fazendo com que o usuário perca a credibilidade no sistema.

A integração, segundo a ANTP (1997), é uma forma de cooperação operacional que tem como objetivo aumentar a acessibilidade dos usuários ao sistema de transporte e aos destinos desejados. Ela se torna interessante ou necessária quando a operação isolada apresenta problemas para os usuários, que podem ser por ela minimizados ou eliminados. De forma mais complexa, LONGS (1964) apud GONÇALVES (2003) conceitua integração como sendo “a reunião e coordenação de um conjunto de sistemas isolados num processo único, coerente,

eficaz, energético e socialmente econômico, realizado a partir de uma grande pluralidade de meios existentes e graus de liberdade em infra-estrutura, vias, veículos e operadores, procurando-se o consenso da visão macro dos benefícios para a coletividade como um todo”. REINKE, MALARKEY (1996) apud GONÇALVES (2003) citam que o planejamento integrado do transporte é um conceito de planejamento em crescimento com o intuito de ajudar na busca de políticas, programas e projetos para atingir aos objetivos e metas de transporte a um custo social total mínimo.

### 2.2.2. Vantagens

Na maioria das cidades as linhas se dirigem para o centro (locais onde estão concentrados a maiorias das atividades e serviços). A integração possibilitará uma reorganização do sistema eliminando a superposição de linha nas áreas centrais. O excesso de ônibus e diversas linhas num mesmo corredor provocarão congestionamentos, baixa velocidade, impontualidades. A integração do transporte também pode ser feita sem terminal, conforme citado anteriormente. Nesse caso, bilhetagem eletrônica permite que a conexão de linhas aconteça em qualquer ponto de embarque e desembarque.

A implantação de sistema integrado tem por objetivo (CAVALCANTE, 2002):

- Otimizar os recursos utilizados no transporte;
- Aumentar a acessibilidade da população;
- Racionalizar o uso do espaço viário;
- Melhorar a qualidade de vida e a preservação ambiental.

Sendo assim, pode-se observar alguns benefícios atribuídos à integração:

- Melhorar o atendimento e qualidade de serviço para o passageiro;
- Maior rapidez nas viagens;
- Maior conforto com a espera em assentos;
- Maior segurança;
- Abrigar e proteger os usuários contra intempéries;
- Oferecer informações sobre linhas;
- Aumentar o IPK (índice de passageiros por quilômetro);
- Maior racionalidade na ocupação dos veículos;

- Melhorar o trânsito com as linhas troncais;
- Aumentar a velocidade operacional;
- Diminuir o desgaste de freios e pneus;
- Aumentar a rentabilidade do sistema de transporte gerando novas oportunidades de investimento em infra-estrutura, sistemas de monitoramento;
- Melhorar a infra-estrutura, como por exemplo, com a existência de sanitários.

Tem-se ainda melhoria geral do serviço com a compra antecipada e passagens, embarque mais seguro e mais rápido, maior confiança nos horários. Numa viagem integrada o passageiro passa por três situações distintas que são: a espera, o transporte e a transferência.

Percebe-se que com a racionalização dos transportes pode-se provocar uma diminuição a curto prazo na oferta do serviço. Em compensação haverá um aumento da produtividade por veículo, com um conseqüente aumento da rentabilidade da empresa. Com a melhora do serviço, há tendência de aumento na demanda.

Porém para que todas essas viagens apareçam é preciso que a integração tenha um forte sistema de controle operacional. Cabe ressaltar também, que os benefícios mencionados não acontecem necessariamente em todos os casos, assim como não acontecem obrigatoriamente de forma simultânea.

Entre os aspectos mais significativos para o sucesso das vantagens dos sistemas integrados, podemos destacar a *existência de corredores exclusivos* (figuras 1 e 2), a *implantação de itinerários e oferta de viagens planejada sobre a matriz origem/destino* e a *integração operacional no tempo*.



Figura 1 – Fotografia de ônibus operando em corredor exclusivo na cidade de Curitiba – PR.  
Fonte: o autor



Figura 2 – Fotografia de sinalização de corredor exclusivo na cidade de Curitiba – PR.  
Fonte: o autor

### 2.2.3. Desvantagens

O principal aspecto negativo da integração de linhas é a necessidade que o usuário tem de realizar transferências (transbordos). Esse fato tem maior relevância para o passageiro idoso ou pessoa que carregam crianças ou volumes. Outras desvantagens, além do tempo perdidos com os transbordos, são mencionadas pelos usuários (HOROWITZ e THOMPSON, 1994 apud CAVALCANTE, 2002):

- Necessidade de se adicionar um planejamento a viagem;
- Possibilidade de se perder uma conexão;
- Maior incerteza do horário de chegada ao seu destino;
- Necessidade de se deslocar para adentrar no próximo veículo;
- Possibilidade de se esperar por um outro veículo em um ambiente não familiar e hostil.

Porém, nem sempre o transbordo é mal visto: podem ser oferecidas melhorias ao usuário, de modo a minimizar aspectos negativos do transbordo. Cita-se como exemplo uma situação em que ao realizar transferência entre linhas, o usuário tenha certeza de que acessará linhas expressas que farão suas viagens em vias segregadas, diminuindo assim o tempo total da viagem.

Em uma pesquisa realizada por AZAMBUJA E SENNA (1996) com usuários do transporte coletivo em algumas cidades do Rio Grande do Sul, percebeu-se que mesmo diminuindo o valor da tarifa e obtendo um tempo de viagem menor, os sistemas convencionais são melhores que os sistemas integrados.

Outro aspecto citado pela NTU (1999) apud (GONÇALVES, 2003) como sendo problema encontrado na integração para sustentabilidade dos transportes públicos é a dificuldade de manutenção do equilíbrio econômico – financeiro e a forte queda no atendimento do sistema ao usuário. Mencionou-se também que a racionalização do transporte público pela integração não tem resultado em diminuição dos custos. Ao contrário do que se pensa a produção quilométrica apresenta tendências de crescimento e o índice de passageiros por quilômetro (IPK) diminuiu, o que contraria citação anterior na qual o crescimento do IPK é visto como uma vantagem da integração.

A NTU (1999) faz uma forte crítica sobre como é tratado tal serviço após sua implantação. Não se tem avaliação levada a público a respeito do desenvolvimento efetivo do sistema de integração implantado. Sabe-se que novidade merece um

trato especial, por isso mesmo, o sistema de integração deve ser bem ajustado e muito bem gerenciado (GONÇALVES, 2003).

Entre as principais desvantagens indiretas dos sistemas integrados, podemos destacar a necessidade de *elevados custos na implantação de corredores exclusivos, de centros de controle operacionais bem estruturados e de realização de pesquisas voltadas à obtenção da matriz origem/destino.*

#### 2.2.4. Integração Física, Tarifária e no Tempo

Existe integração física entre duas ou mais linhas de transporte público quando os veículos param no mesmo local, permitindo, assim, que os usuários realizem transbordo (troca de veículo) praticamente sem necessidade de caminhar. Quando o local da transferência de um veículo para outro é um ponto comum de parada de ônibus ou bonde, denomina-se o local de “ponto de transferência ou de transbordo”; quando se trata de uma estação de qualquer modalidade, a denominação empregada é “estação de transferência ou de transbordo”. Em geral, os pontos de parada onde se realizam os transbordos tem cobertura e bancos, para que os usuários fiquem protegidos do tempo e tenham maior comodidade enquanto esperam o próximo veículo. Nos locais onde é grande o volume de pessoas e de veículos, são utilizadas áreas maiores, dotadas de cobertura e de outras facilidades: sanitários, bebedouros de água, lanchonetes, telefone público etc., caracterizando uma estação de transferência. As estações de transferência de ônibus são, muitas vezes, locais utilizados para iniciar e terminar as viagens de várias linhas, e onde são controlados os horários de saída dos veículos. Se a estação for um local de início e término de viagens, também é usual empregar a denominação “terminal de transferência ou de transbordo” (FERRAZ, TORRES, 2004).

A integração tarifária está associada à não necessidade de outros usuários pagarem novamente para fazer transbordo entre veículos de linhas distintas ou pagarem um valor adicional significativamente menor do que o preço normal das duas passagens que teriam de pagar para completar a viagem. Esse conceito também vale para o caso de mais de duas viagens. O principal objetivo da integração tarifária é promover justiça social no sistema de transporte público, eliminando as discriminações geográficas, pois qualquer que seja o local onde o usuário mora, ele pode ir ao local de trabalho, estudo, lazer etc., pagando uma única passagem, ou pouco mais do que isso. A integração tarifária também atua no sentido de democratizar o espaço urbano, pois com a possibilidade de deslocamento entre quaisquer pontos da cidade com o pagamento do valor

correspondente a uma única passagem, ou pouco mais do que isso, aumentam as oportunidades de trabalho, estudo, compras, lazer etc. Algumas cidades utilizam integração tarifária não apenas no transporte coletivo urbano, mas em todo o sistema de transporte público municipal. Isso significa que as linhas de ônibus urbanas e municipais (distritais) operam integradas tarifariamente (FERRAZ, TORRES, 2004).

A integração tarifária entre diferentes linhas de transporte público urbano, operadas ou não pelo mesmo modo, pode ser feita com o emprego de estações (terminais) fechadas ou com a utilização de documentos: comprovantes de papel comum, bilhetes magnéticos ou cartões inteligentes – dotados de micro circuitos eletrônicos (chips) no seu interior para armazenar informações. Em alguns casos especiais, a integração tarifária pode, também, ser concretizada mediante a realização de transporte gratuito numa das linhas (em geral, numa linha alimentadora integrada fisicamente a uma linha principal). No caso das estações (terminais) fechadas, os usuários que se encontram no interior das mesmas são autorizados a embarcar pelas portas de desembarque dos coletivos, por tanto, após a catraca, pois já pagaram a passagem no primeiro veículo que utilizaram, ou ao ingressar na estação (terminal). No caso da integração tarifária com o emprego do comprovante de papel comum, o comprovante garantindo a continuidade da passagem, fornecido pelo motorista ou cobrador do primeiro coletivo, é entregue ao motorista ou cobrador do segundo veículo. No comprovante consta, evidentemente, o prazo e tempo limite em que ele pode ser utilizado para a continuidade da viagem. O problema desse sistema simples é que ele dá margem ao uso indevido, uma vez que o comprovante pode ser transferido para outra pessoa ou utilizado de maneira desonesta pelos operadores (FERRAZ, TORRES, 2004).

Um exemplo de integração tarifária com comprovante de papel comum é o sistema que foi utilizado no passado em Waterloo, Canadá. O motorista (a entrada dos passageiros era feita pela porta dianteira) fornecia a quem solicitava o comprovante de que pagou a primeira viagem, o qual era cortado por equipamento simples no horário correspondente, que autorizava a continuação da viagem em outro veículo desde que respeitado o prazo-limite de 1 hora. Um sistema parecido com o de Waterloo, Canadá, foi utilizado durante certo tempo em Rio Claro, Brasil. Nesse sistema, o cobrador é quem fornecia o comprovante ao usuário, por preço ligeiramente superior ao da passagem comum para evitar o uso indevido. Esse comprovante era destacado de uma pequena prancheta na qual se podia deslocar manualmente uma pequena régua de ferro até a posição de corte do bilhete. A posição da régua era determinada pelo horário em que o bilhete estava sendo pago.

O cobrador cortava o bilhete no horário em que o usuário passava pela catraca, tendo o passageiro, a partir daí, uma hora para tomar outro ônibus. De posse do comprovante de integração, os usuários podiam entrar pela porta de desembarque (localizada na frente do ônibus) no terminal aberto localizado na região central da cidade, bastando entregar o comprovante de integração ao motorista, que o depositava numa urna lacrada para posterior conferência (FERRAZ, TORRES, 2004).

Sistemas mais modernos de integração tarifária utilizam bilhetagem eletrônica: pequeno computador (denominado validador) dentro dos coletivos acionado por bilhete com tarja magnética, ou cartão com micro circuitos (chips) impressos. Quando o cartão/bilhete é introduzido (em alguns tipos de cartão, apenas exibidos a distância) no validador, este debita do cartão/bilhete o custo da viagem, libera a catraca, permitindo a passagem do usuário (se houver catraca acoplada ao validador), e grava informações sobre o horário, linha etc. no cartão/bilhete. Assim, se a segunda viagem for realizada dentro do intervalo prefixado para a validade da integração (normalmente cerca de 1 hora), o validador do segundo coletivo não debita do cartão/bilhete o valor da segunda viagem, ou debita um valor menor, de acordo com a estratégia de integração utilizada. Cabe destacar dois aspectos no tocante à integração com bilhetagem eletrônica: o benefício do não pagamento na viagem seguinte pode ser estendido para mais de duas viagens (três ou mais) e pode haver restrições na realização da segunda viagem para evitar o uso indevido (usuário sair e voltar para o mesmo local pagando uma única vez) (FERRAZ, TORRES, 2004).

A escolha de um outro sistema (terminal fechado ou bilhetagem eletrônica) para promover integração tarifária depende de cada situação. Em alguns casos, pode ser indicado utilizar os dois sistemas de integração tarifária, pois eles não são excludentes. A utilização de integração tarifária com o emprego de bilhetes ou cartões apresenta a vantagem de permitir o transbordo em qualquer lugar, reduzindo o tempo e viagem para muitos usuários. Atualmente, há uma certa tendência na utilização de bilhetagem inteligente (com o emprego de cartões chipados), não somente por permitir a integração tarifária em qualquer lugar, mas também pelo maior controle do uso e da arrecadação que proporcionam (FERRAZ, TORRES, 2004).

A implantação de estação (terminal) fechada para integração física e tarifária pode apresentar um custo elevado, sobretudo quando é necessário fazer desapropriações. Ademais, as próprias instalações, por mais simples que sejam, tem um significativo custo de implantação. Uma vez em funcionamento, as estações

(terminais) apresentam custo de administração, operação e manutenção. Outro aspecto a ser considerado na implementação de estações (terminais) é o impacto no meio ambiente natural e construído. Mesmo com o emprego de bilhete ou cartão para a implementação tarifária, muitas vezes é indicado ter estações (terminais) abertas na área central da cidade e em outros locais de grande movimento para proporcionar maior comodidade aos passageiros que fazem transbordos ou embarcam e desembarcam no local (FERRAZ, TORRES, 2004).

No transporte público urbano também é empregada, em algumas situações, a integração sincronizada no tempo: os veículos de linhas diferentes cumprem uma programação operacional (planos e horários) planejada para que cheguem juntos ao local de integração física, permitindo aos usuários fazer a transferência entre veículos sem praticamente qualquer espera. Duas situações típicas em que é utilizada a integração sincronizada são: conexão de uma ou mais linhas alimentadoras de uma linha principal, estratégia empregada em algumas situações nas cidades maiores, conexão de diversas linhas na área central das cidades menores, onde existe uma estação (terminal) de integração física das linhas.

FERRAZ, TORRES (2004) apontam a integração física e no tempo do transporte público por ônibus da cidade de Matão, Brasil, os ônibus de todas as linhas passam a cada 30 minutos em determinada praça, proporcionando o transbordo dos usuários sem espera (integração no tempo). Nessa cidade, também existe integração tarifária mediante o emprego de bilhetagem inteligente com o uso de cartões sem contato.

#### 2.2.5. Tipos de Linhas segundo o Traçado e Função

Conforme o traçado, as linhas de transporte público urbano podem ser classificadas nos seguintes principais tipos (FERRAZ, TORRES, 2004):

- Radial: que liga a área central (onde, em geral, há grande concentração de atividades comerciais e de prestação de serviços) a outra região da cidade (onde se localizam um ou mais bairros).
- Diametral: linha que conecta duas regiões passando pela zona central.
- Circular: linha que liga várias regiões da cidade, formando um circuito fechado como se fosse um círculo e, no caso mais comum, com a zona central localizada mais ou menos no centro do círculo. Algumas vezes se utilizam linhas circulares passando pela área central. Em geral, são utilizados pares de linhas circulares girando em sentidos opostos, para reduzir a distância e o tempo das viagens.

- Interbairros: linha que liga duas ou mais regiões da cidade sem passar pela área central, com o objetivo de atender com viagens diretas a um ou mais pólos de atração importantes.
- Local: linha cujo percurso se encontra totalmente dentro de uma região da cidade (onde se localizam um ou mais bairros), também com o objetivo de atender com viagens diretas a um ou mais pólos de atração importantes.

A figura 3 apresenta um croqui de representação dos tipos de linha acima mencionados.

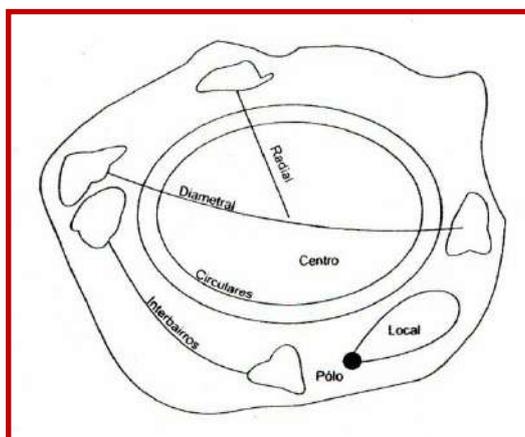


Figura 3 – desenho esquemático de tipos de traçado de linhas  
Fonte: (FERRAZ, TORRES, 2004).

De acordo com a função, as linhas de transporte público urbanos podem ser classificadas como (FERRAZ, TORRES, 2004):

- Convencional: linha que executa simultaneamente as funções de captação dos usuários na região de origem até o destino e distribuição na região de destino.
- Troncal: linha que opera em um corredor onde há grande concentração de demanda, com a função principal de realizar o transporte de uma região à outra da cidade.
- Alimentadora: linha que opera recolhendo usuários numa determinada região da cidade e deixando-os numa estação (terminal) de uma linha troncal, e, também, pegando usuários na estação (terminal) da linha troncal e distribuindo-os na região que atende. Tem, por tanto, a função principal de captação e distribuição de demanda.

- Expressa: linha que opera com poucas ou nenhuma parada intermediária para aumentar a velocidade operacional, reduzindo, assim, o tempo de viagem. Também é comum o emprego do termo semi-expressa para designar linhas com poucas paradas intermediárias.
- Especial: linha que funciona apenas em determinados horários (normalmente nos horários de pico), ou quando ocorrem eventos especiais.
- Seletiva: que realiza um serviço complementar ao transporte coletivo convencional, com maior e melhor qualidade. É o caso, por exemplo, dos ônibus ou microônibus denominados executivos, que só transportam pessoas sentadas, ligando uma região da cidade à zona central, estação de trem, aeroporto etc.

#### 2.2.6. Corredor de Transporte Público e Linha Troncal

Nas grandes cidades, a geometria e a hierarquia do sistema viário e a forma de ocupação e uso do solo podem levar a superposição de linhas convencionais independentes de ônibus em trechos das vias mais importantes de maior capacidade. Esses trechos são denominados de “corredores de transporte público” ou, no caso de transporte por ônibus, de “corredores de ônibus”. Em muitas cidades grandes, ao longo dos corredores são implantadas linhas de transporte público com modos de maior capacidade e velocidade (metrô, pré-metrô, ônibus articulado ou bi articulado em faixas segregadas ou exclusivas etc.). Essas linhas são denominadas linhas troncais. As linhas troncais são conectadas nas estações (terminais) às linhas chamadas de alimentadoras, operadas com ônibus comum ou microônibus, que fazem a coleta e a distribuição dos passageiros nas regiões vizinhas à linha troncal. No sistema troco-alimentado, mesmo as viagens com origem e destino na região central necessitam, em grande parte, de transbordo, o que não ocorre no sistema de linhas independentes operando em corredores. Contudo, a concentração de demanda na linha troncal viabiliza a utilização de sistemas com maior capacidade, velocidade e comodidade, compensando, em geral com vantagem, o inconveniente dos transbordos (FERRAZ, TORRES, 2004).

### 2.2.7. Redes de Transporte Público

Três são as configurações básicas das redes de transporte público urbano: radial, em grelha (malha ou grade) e radial com linhas tronco-alimentadas (FERRAZ, TORRES, 2004):

Na rede radial, cada uma das regiões não centrais é interligada à área central por intermédio de uma ou mais linhas (normalmente uma). A rede pura é, portanto, constituída de linhas radiais e diametrais (junção de duas radiais). Dessa forma, todas as viagens com origem ou destino na área central são realizadas sem necessidade de transbordo. As viagens entre quaisquer outras requerem transbordo, exceto nos casos em que a mesma linha passa pelas zonas de origem e destino.

Nas cidades onde há grande concentração de comércio e serviços na zona central, essa é o maior pólo de atração da demanda por transporte público urbano, sendo indicado o emprego da rede com configuração radial. Assim, a maioria das viagens é direta, sem necessidade de transbordo.

Uma estratégia que também contribui bastante para reduzir a necessidade de transbordo na rede do tipo radial é o emprego de linhas diametrais, em tese obtidas com a junção de duas linhas radiais. Como na maioria das cidades ocorre uma significativa concentração de atividades comerciais e de prestação de serviços na zona central, a rede do tipo radial é a mais empregada. Nas cidades maiores, onde já existe uma maior descentralização de atividades, para diminuir a necessidade de transbordos nas viagens entre bairros, a rede do tipo radial é modificada com a inclusão de linhas circulares em torno da região central e linhas interbairros ligando duas regiões não centrais. As linhas circulares são em geral do tipo binário: duas linhas girando em sentidos opostos, para reduzir a distância e o tempo das viagens. Se a cidade for grande, podem ser implantados pares de linhas circulares a diferentes distancias da área central.

Além do benefício de aumentar o número de viagens diretas (sem transferência), as linhas circulares e interbairros permitem reduzir a concentração de ônibus e passageiros na zona central congestionada. Também contribui para diminuir o fluxo de passageiros e ônibus na zona central, a possibilidade da realização de transbordos fora dessa região, entre os veículos das linhas radiais e diametrais com os veículos das linhas circulares e interbairros.

A rede em grelha consiste em dois conjuntos de rotas paralelas, aproximadamente perpendiculares entre si. Esse tipo de rede é indicado para cidades onde não é tão forte a concentração de negócios na zona central, estando

as atividades comerciais e de prestação de serviços dispersas no meio urbano, pois nesse tipo de rede é possível ir de um local a qualquer outro realizando um único transbordo, sem necessidade de passar pela área central.

Na rede em malha, muitas viagens são realizadas através de duas linhas, com transbordo intermediário na interseção das mesmas. Como é impossível uma operação sincronizada no tempo, quase sempre ocorrem esperas nas operações de transferência. A rede do tipo grelha somente é viável em cidades bastante densas, com alta dispersão de atividades comerciais e de prestação de serviços e com altos índices de utilização do transporte público, para que todas as linhas possam ter frequências aceitáveis. Na maioria das cidades somente as rotas que passam pela área central justificam frequências satisfatórias, com as outras rotas, nesse caso, funcionando mais como linhas alimentadoras.

Na prática, por força da descontinuidade na malha viária e necessidade de atendimento das maiores demandas com viagens diretas, a estrutura teórica da rede em grelha é significativamente modificada, com a inclusão de linhas ligando algumas regiões diretamente com a área central. Algumas cidades que utilizam rede do tipo grade são: Toronto, no Canadá, e Chicago e Milwaukee, Nos Estados Unidos.

As redes radiais com linhas tronco-alimentadas são redes constituídas de linhas-tronco ao longo dos corredores de maior demanda, operadas com modos de transporte de maior capacidade e velocidade (metrô, pré-metrô, ônibus articulado ou bi articulado em canaletas etc.), e que são conectadas em várias estações (terminais) localizadas ao longo do percurso com linhas alimentadoras operadas por linhas comuns ou microônibus. Nesse tipo de rede, mesmo as viagens com origem ou destino na área central são em grande parte realizadas com a necessidade de transbordo (transferência forçada). Exemplos de cidades que utilizam sistemas tronco-alimentados: Bogotá/Colômbia, Quito/Equador, León/ México, Atlanta/Estados unidos e São Paulo, Curitiba e Goiânia, no Brasil.

Uma estratégia recomendada no caso das redes tronco-alimentadas é fazer a conexão de diversas linhas alimentadoras com a linha-tronco na mesma estação (terminal), para também propiciar a integração física e tarifária entre elas e, com isso, facilitar a mobilidade na região de abrangência dessas linhas.

A operação de varias linhas numa mesma estação (terminal) pode ser realizada com integração sincronizada no tempo: os veículos de todas as linhas são programados para chegar no mesmo horário à estação (terminal), de modo que os transbordos entre veículos sejam imediatos. Após a chegada, decorrido um

determinado intervalo de tempo, em geral 5 minutos, todos os veículos partem da estação (terminal).

Os tempos típicos entre integrações sincronizadas são de 15 minutos nos picos, 30 minutos nos períodos normais e 60 minutos nos períodos de muito pouco movimento.

Embora o planejamento físico e operacional e redes com integrações sincronizadas no tempo seja relativamente complexo e o sistema exija investimento na construção de estações (terminais) de transbordo, muitas cidades da América do Norte, onde é grande a descentralização das atividades, passaram a utilizar esse tipo de rede pela grande facilidade de movimentação que proporciona entre duas zonas quaisquer da cidade. Exemplos de cidades que utilizam rede com integrações sincronizadas no tempo: Edmonton, Canadá, e Portland, Denver e Sacramento, Estados Unidos.

Em vez de operar com apenas uma linha por corredor no sistema trocoalimentado, pode ser indicado, algumas vezes, operar com linhas troncais ligando diretamente algumas das principais regiões da cidade, havendo nesse caso superposição de linhas troncais num mesmo corredor. Essa estratégia atua no sentido de reduzir o número de transbordos dos usuários, eliminando a necessidade de transferência entre duas linhas troncais. Com isso, também ocorre redução do tempo de viagem.

Outra possibilidade é a operação com linhas troncais expressas, para reduzir os tempos de viagem dos usuários que se deslocam por distâncias maiores, bem como para diminuir a frota necessária. Essa estratégia somente é viável se houver duas faixas de tráfego nas estações, para permitir a ultrapassagem dos coletivos que estão parados. Se for possível a ultrapassagem nas estações, também se pode operar com retorno vazio dos veículos no sentido de menor movimento, para reduzir a frota necessária.

Muitas cidades grandes são polinucleadas, ou seja, apresentam subcentros importantes e comércio e serviços fora da região central. Nesse caso, pode ser recomendável a utilização de linhas ligando diretamente esses subcentros, conforme ilustrado na figura 4.

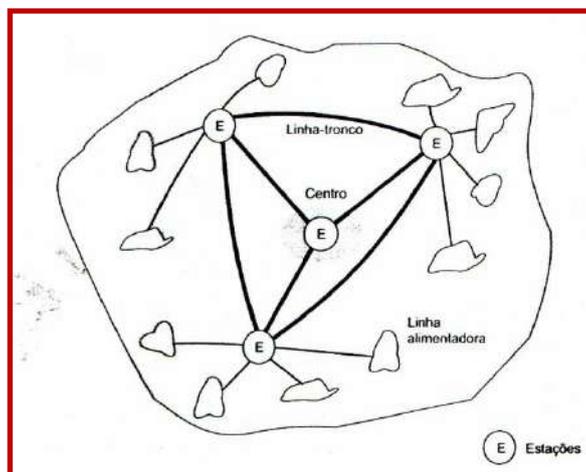


Figura 4 – Desenho esquemático de linhas tronco alimentadas, geralmente utilizadas em grandes cidades polinucleadas.  
 Fonte: (FERRAZ, TORRES, 2004).

#### 2.2.8. Definição do Traçado

O projeto das redes de transporte público coletivo urbano (distribuição espacial das ligações) é feito com base na matriz origem-destino dos desejos de viagens. Mais especificamente, utilizando a apresentação gráfica dos resultados da matriz O-D, em que os centróides (centros de gravidade) das diversas zonas da cidade são ligados por linhas, com a largura das linhas sendo proporcional à demanda. Esse tipo de diagrama é extremamente útil na definição da rede de linhas, uma vez que facilita a visualização de dois objetivos importantes no planejamento da rede: a minimização das distâncias das viagens e a minimização do número de transbordos dos usuários (FERRAZ, TORRES, 2004).

A reorganização das linhas, assim como um planejamento prévio no que tange ao traçado de itinerários, é um fator de primordial importância para o bom funcionamento do sistema de integração como um todo.

Um linha de transporte público urbano deve passar pelos principais pólos de atração de viagens da região, que é planejada para atender, bem como propiciar uma cobertura satisfatória das áreas habitadas, garantindo, assim, uma boa acessibilidade ao sistema de transporte público. Shopping centers, estações de transporte, distritos industriais, universidades, centros esportivos etc., localizados na região de atendimento da linha são pontos de passagem quase sempre obrigatórios. O traçado da linha deve, também, permitir que todos os habitantes da região possam usar o sistema com percursos a pé dentro de limites aceitáveis. Por outro lado, as rotas de transporte público devem ser, tanto quanto possível, diretas e

claras. Itinerários sinuosos e tortuosos devem ser evitados, pois aumentam as distâncias percorridas e exigem redução da velocidade nas conversões, aumentando o tempo de viagem (FERRAZ, TORRES, 2004).

A questão do itinerário do sistema de transporte público de passageiros não se deve resumir à definição de um traçado qualquer que satisfaça às necessidades de deslocamento da população, mas deve-se ponderar e priorizar as exigências dos usuários, das operadoras e da comunidade, representadas pelo poder público (Silveira, 1999).

Conforme citado por SILVEIRA (1999), a definição do traçado dos itinerários das linhas de ônibus, deve-se tomar duas decisões importantes. A primeira em relação ao padrão de linha, onde devem ser analisadas a função e tipologia que melhor se adapta a necessidade de deslocamento da região; a outra em função da localização da rota no ambiente urbano.

VIEIRA (1999) observou que, atualmente, o traçado de nova rotass de ônibus urbanos é estabelecido, basicamente, utilizando-se da experiência dos especialistas, não sendo usados muitos métodos objetivos que possam auxiliá-los.

Portanto, vale ressaltar que algumas variáveis devem ser consideradas na definição de itinerários de linhas de ônibus: a demanda de passageiros, a conveniência para o passageiro, os custos operacionais e os impactos ambientais (GONÇALVES, 2003).

Os traçados diretos conduzem, quase sempre, a uma operação global mais eficiente e de melhor qualidade, bem como são mais fáceis de serem compreendidos e usados pelos usuários. Desvios no itinerário de uma linha aumentam a distância da viagem, levando ao que se denomina de percurso negativo, prejudicando a eficiência do sistema. Com o aumento da distância percorrida, também aumenta o tempo de viagem, com comprometimento da qualidade do serviço. Os pontos de parada onde são controlados os horários e onde ocorre o descanso dos operadores (pontos terminais e linha), que se localizam quase sempre nos extremos da linha, devem ser escolhidos de modo a não incomodar os moradores próximos, pois muitas vezes os motores dos coletivos permanecem funcionando, e ter disponível sanitários e água potável para uso dos operadores (bares e armazéns são locais indicados) (FERRAZ, TORRES, 2004).

Na tentativa de diminuir as distâncias de caminhadas de usuários, muitas vezes se utilizam trajetos em forma de circuito fechado (anel) nas regiões de atendimento localizadas nos extremos da linha. Isso prejudica bastante a mobilidade interna por transporte público nessas regiões, pois não é proporcionada a possibilidade de deslocamento nos dois sentidos (ida e volta). Sob esse aspecto,

ainda que haja alguma perda e eficiência, é mais indicado utilizar trajetos em forma de circuito aberto, no qual os itinerários de ida e volta são próximos ou coincidentes. Outro problema dos trajetos em circuito fechado é que as paradas no ponto terminal para acerto de horários e descanso dos operadores são feitas com passageiros dentro dos coletivos, o que aumenta os seus tempos de viagem e provoca irritação em muitos deles (FERRAZ, TORRES, 2004).

#### 2.2.9. O Sistema Integrado de Curitiba

O transporte coletivo integrado de Curitiba tem as suas diretrizes lançadas em 1955, cujo modelo perdura até 1974 com a implantação do modelo embrionário que delinea a Rede Integrada de Transporte. Em 1980 é realizado um grande diagnóstico da cidade através do PMDU - Plano Municipal de Desenvolvimento Urbano, que traça diretrizes para o desenvolvimento da cidade. Nessa mesma época é inaugurada a Rede Integrada de Transporte e implantada a integração físico-tarifária. A década de noventa trouxe inovações no transporte com a introdução do “Ligeirinho”, a Linha Direta, com maior distância entre estações e embarque em nível, com as estações tubo (figura 5), e o ônibus bi-articulado (figura 6) com capacidade para 270 passageiros. As inovações tecnológicas pregadas pela reengenharia iniciaram na década de 70, quando técnicos da Volvo e da prefeitura de Curitiba desenvolveram o projeto do ônibus modelo *padron*. O ônibus *padron* foi o primeiro modelo focado no transporte urbano de passageiros desenvolvido nacionalmente. A grande maioria dos ônibus em operação dessa época eram simplesmente chassis de caminhões com carroceria adaptada para transporte de passageiros (TANIGUCHI *et al*, 2006).



Figura 5 – Fotografia de Estação Tubo da cidade de Curitiba – PR.  
Fonte: o autor



Figura 6 – Fotografia de ônibus bi-articulado da cidade de Curitiba – PR.  
Fonte: Adriana Mancebo

O sistema de transporte coletivo de Curitiba recebeu uma série de prêmios internacionais. O mais recente foi concedido pela prestigiosa instituição inglesa Building and Social Housing Foundation, bem como a classificação do sistema como "exemplar", feita pelo Worldwatch Institute, um dos maiores institutos de pesquisa ambiental dos Estados Unidos. Implantado nos anos 70 com a preocupação de privilegiar o transporte de massa, o sistema é reconhecido por aliar baixo custo operacional e serviço de qualidade. Cerca de 1,9 milhão de passageiros são transportados diariamente, com um grau de satisfação de 89% dos usuários, segundo pesquisa da Urbs, empresa que gerencia o sistema. O grande diferencial do transporte curitibano é dispor de tarifa integrada, permitindo deslocamentos para toda a cidade pagando apenas uma passagem. Cada pessoa pode compor seu próprio percurso, já que o sistema é integrado por meio de Terminais e Estações-Tubo ([http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a\\_cidade/Solucoes/Transporte/](http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a_cidade/Solucoes/Transporte/))

Quem percorre trajetos longos, o que é mais comum entre a população de menor poder aquisitivo, é subsidiado por aqueles que realizam percursos menores (figura 7).

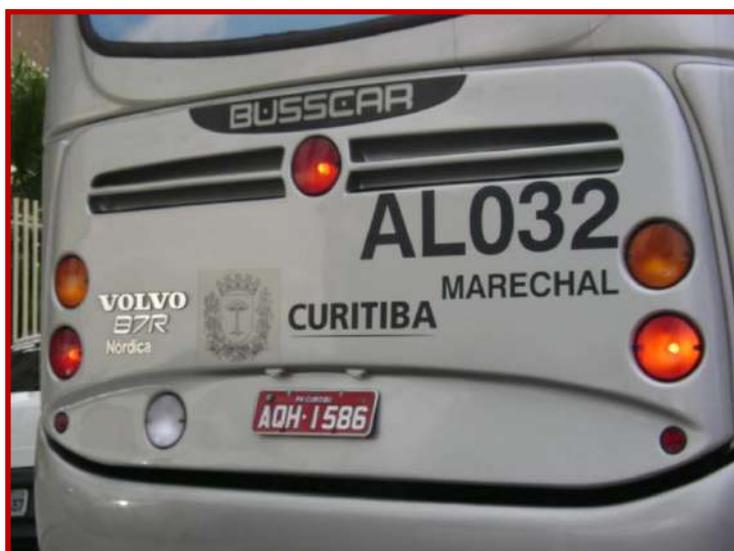


Figura 7 – Fotografia de ônibus de linha Alimentadora em atendimento aos menores percursos na cidade de Curitiba - PR.

Fonte: o autor

Calcula-se que diariamente 80% dos usuários sejam beneficiados pela integração. Atualmente, a Rede Integrada de Transporte opera com 1.877 ônibus, realizando cerca de 21 mil viagens por dia, num total de 316 mil km a cada 24 horas.

## **Números do Transporte Coletivo de Curitiba**

([http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a\\_cidade/Solucoes/Transporte/index.html](http://www.curitiba.pr.gov.br/pmc/a_cidade/Solucoes/Transporte/index.html)).

**Passageiros:** 1.100.000 passageiros/pagantes em dias úteis e 1.900.000 passageiros transportados RIT (Rede Integrada de Transporte).

Na Grande Curitiba são 1.250.000 passageiros/pagantes em dias úteis e 2.050.000 transportados.

**Frota Total Sistema Integrado** – 2.160 ônibus

**Frota Total Grande Curitiba** - 2.530

**Municípios com acesso à integração** - São José dos Pinhais, Pinhais, Colombo, Piraquara e Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré, Fazenda Rio Grande, Campo Largo, Campo Magro, Araucária, Contenda, Itaperuçu e Bocaiúva do Sul.

**Estações-tubo:** 351

**Canaletas exclusivas:** 72 km. No Brasil, 11 cidades – incluindo Curitiba - possuem 123,2 km de vias exclusivas.

**5 grandes corredores:** Boqueirão, Norte, Sul, Leste e Oeste.

**Pontos de parada:** 5 mil

**Terminais de integração:** 21 urbanos e 7 metropolitanos

**Transporte especial:** feito através do SITES (Sistema de Transporte de Ensino Especial), no Cristo Rei, com 2.600 alunos transportados por dia em 38 linhas que atendem a 36 escolas especializadas

**Linhas:** 469 linhas - Grande Curitiba sendo 388 integradas

**Viagens por dia:** No Sistema integrado são 21mil viagens por dia/útil. Na Grande Curitiba são 23 mil viagens por dia/útil.

**Linha com o maior itinerário:** Interbairros III (31 km com 26 mil passageiros do Santa Cândida ao Capão Raso)

**Linha com o menor itinerário:** alimentador Conjunto Mercúrio (Terminal Centenário – bairro = 1000 passageiros por dia; 2 km)

**O maior deslocamento:** Rio Branco do Sul a Contenda (70 km; 4 baldeações)

## 2.3. Sistema de Informação Geográfica

### 2.3.1. Conceitos e Aplicações

O uso do Sistema de Informação Geográfica tem sido cada vez mais freqüente dentro das diversas áreas do conhecimento científico em nível mundial. Nos últimos anos, a intensidade de pesquisas e trabalhos desenvolvidos com suporte de SIG tem aumentado consideravelmente, especialmente na área de transportes, onde a sua utilização tem auxiliado a busca de soluções para problemas existentes. Contribuem para isso a rápida evolução dos recursos computacionais disponíveis e o desenvolvimento de tecnologias capazes de gerenciar grandes quantidades de dados com rapidez (JUNIOR, 2002).

As principais características de sistemas de informações geográficas, segundo CÂMARA (1993), são:

- Integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélites, redes e modelos numéricos de terreno;
- Combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- Consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados.

BURROUGH (1986) divide um SIG nos seguintes módulos:

- Interface com o usuário.
- Entrada de dados e verificação.
- Armazenagem de dados e gerenciamento do banco de dados geográfico.
- Funções para manipulação de análise de dados.
- Saída de dados com visualização e plotagem.

Segundo ANTENUCCI *et al.* (1991), os SIG são o resultado da integração de três diferentes aspectos da tecnologia dos computadores:

1. Gerenciamento de bases de dados.
2. Capacidade de representação de entidades gráficas.
3. Ferramentas para análise espacial.

DANTAS *et al.* (1996) colocam que o SIG pode ser considerado como um tipo de sistema de informação, que envolve de forma sistêmica e interativa banco de dados, tecnologia e pessoal, sendo capaz de realizar análises espaciais, manipular, visualizar e operar dados georeferenciados para obtenção de novas informações.

De acordo com THOMÉ (1998) o módulo de entrada de dados deve ser suficientemente robusto de modo a não restringir o formato dos dados a serem tratados. Um SIG deve tratar dados provenientes de sensores, de mapas analógicos, de arquivos digitais e por meio de interação indireta.

O módulo de armazenagem e gerenciamento do banco de dados geográfico pode ser considerado o coração do SIG. Após passar por ajustes, os dados são armazenados de modo a preservar a topologia, a localização geográfica de acordo com a projeção geométrica adotada e os atributos descritivos dos objetos geográficos. Esses bancos de dados armazenados proporcionarão a execução de consultas específicas, atualização e alteração de dados e darão suporte aos mecanismos de análise de informações espaciais, que são a principal característica de um SIG (JÚNIOR, 2002).

CARVALHO, LOUREIRO (2000) colocam que as principais características de um SIG podem ser resumidas em capacidades cartográficas (digitação, edição e impressão de mapas), gerenciamento de dados (armazenamento, manipulação e processamento de atributos) e capacidades analíticas (cálculo de relacionamentos topológicos, processamento de polígonos, geração de mapas temáticos, análise estatística espacial e outras), sendo que esta última é mais complexa e, em grande parte, responsável pela criação de informação.

Segundo MAGUIRRE *et al.* (1991), existem diferentes definições para SIG, cada uma delas sendo baseada no tipo do usuário e no domínio da aplicação. A seguir serão apresentadas algumas:

- “Um poderoso manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georeferenciados” (ARONOFF, 1989).
- “Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos” (BURROUGH E MCDONNEL, 1998).
- “Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 1988).
- “UM banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder as consultas sobre entidades espaciais” (SMITH *et al.*, 1987).

### 2.3.2. O Software *Transcad*

O *Transcad* é um software de SIG especificamente desenvolvido pela CALIPER, empresa norte americana, para aplicações em transportes, como planejamento, gerenciamento de instalações, transporte público e logística, podendo ser utilizado para (CALIPER, 1996a):

- Cadastro de componentes do sistema de transporte e logística;
- Modelagem da demanda;
- Análises para diagnóstico e prognóstico de sistemas;
- Análise de redes;
- Planejamento de Transportes;
- Roteamento de Veículos e Logística;
- Simulações operacionais;

O *Transcad* inclui ferramentas próprias para geração e distribuição de viagens, distribuição, modelagem de divisão modal e alocação de tráfego. O *Transcad* inclui modelos UTPS tradicionais, modelos de resposta rápida com exigências de dados reduzidas e modelos avançados de demanda desagregada.

A quantidade de zonas de tráfego, números de nós, quantidade de linhas de transporte público e números de modais, dependerá da capacidade de memória e armazenamento do computador, não havendo restrições do software quanto a

esses valores. O software Transcad encontra-se disponível para rodar em todas as versões do Microsoft Windows, Inclusive Windows NT.

Outras aplicações de sistema de informação geográfica com uso do software Transcad pode ser visto nos últimos trabalhos do autor (Melo, 2007; Melo, 2008) os quais abordam a utilização de SIG para diagnósticos em sistema de transporte de passageiros, além dos trabalhos de Braga, 2001; Júnior, 2002; Gonçalves, 2003; entre outros.

### 2.3.3. Cartografia Básica e Temática

A Associação Cartográfica Internacional (ACI) definiu o conceito de cartografia em 1973 como sendo a “*arte, ciência e tecnologia de construção de mapas, juntamente com seus estudos como documentação científica e trabalhos de arte. Neste contexto mapa deve ser considerado como incluindo todos os tipos de mapas, plantas, cartas, seções, modelos tridimensionais e globos, representando a Terra ou qualquer corpo celeste*”.

A cartografia também pode ser considerada como um sistema de comunicação onde as informações são fornecidas pelo mundo real, sendo em seguida tratada e codificada pelo profissional que aplica os processos cartográficos de representação, para então se obter um mapa que comunique a informação desejada de forma georreferenciada e bidimensional.

A cartografia pode ser dividida em Cartografia Básica e Cartografia Temática. A primeira representa os dados e informações básicas sobre a qual será representada a informação principal desejada no mapa. Esta tem como objetivos principais a representação de feições com a maior acurácia possível, de acordo com o fator de escala de representação. Constituem exemplos de cartografia básica os mapas de vias urbanas, mapa de lotes e quadras, mapa de território municipal, etc.

A Cartografia Temática, também denominada *mapa de referência*, tem como objetivo geral a representação de qualquer fenômeno que possa ser localizado ou distribuído espacialmente sobre a superfície terrestre. Esta pode ser dividida conforme sua complexidade em *Temática de Inventário*, *Temática Analítica* e *Temática de Síntese*.

A *Temática de Inventário* é definida por um mapeamento qualitativo, nominal, evidenciando um registro de ocorrência de um dado ou fenômeno. Constituem exemplos de mapas de inventário a identificação de ocorrência de ponto de parada de ônibus, a identificação de um terminal de ônibus, a utilização residencial de determinado lote, etc.

A *Temática Analítica* é definida por um mapeamento quantitativo, baseado em dados classificados, ordenados e hierarquizados. Constituem exemplos de mapas analíticos o volume de passageiros embarcados por ponto de parada, o volume de passageiros transportados por linhas de ônibus, o índice de passageiros por quilômetro de determinada linha, etc.

A *Temática de Síntese* pode ser definida pela integração de fenômenos e ocorrências, de forma a estabelecer estudos conclusivo-analíticos sobre a integração dos fenômenos estudados. Constituem exemplos de mapas de síntese os mapas de suscetibilidade à doenças, suscetibilidade à impactos ambientais, potencialidade à produção agrícola, potencialidade à alteração de itinerário de linhas de transporte, mapas de planejamento urbano, etc.

Em todos os tipos de mapas temáticos são necessárias transformações cognitivas sobre a informação original para que esta possa ser representada cartograficamente e interpretada corretamente pelo usuário.

A generalização cartográfica constitui umas das transformações cognitivas e conforme a Associação Cartográfica Internacional trata-se de um processo de representação selecionada e simplificada de detalhes apropriados à escala e/ou aos objetivos do mapa.

De uma maneira mais abrangente pode ser vista como o processo que através da seleção, classificação, esquematização e harmonização, reconstitui a realidade da distribuição espacial que se deseja representar (ROBINSON, 1995 *apud* MENEZES, 2005).

A classificação e simbolização constituem importantes processos de transformação cognitiva para a geração de mapas de síntese. A existência de um volume de informação que limite a sua visualização completa, leva à necessidade de agrupá-los em classes de ocorrência, ou definindo intervalos de classe. Essa divisão em intervalos pode ocorrer em diversos tipos de informações quantitativas, como dados de embarque e desembarque de passageiros por ponto de parada, quantidade de passageiros transportados por linha, dados demográficos, etc. (modificado de MENEZES, 2005).

Existem numerosos métodos para seleção de classes em um mapa. Estes podem ser agrupados em quatro tipos (DENT, 1999):

- 1) Classificação Exógena de Dados – inclui métodos no qual valores não relacionados a forma que os dados estão ordenados são escolhidos para subdividir os valores em grupos. O nível de rendimento que define pobreza é um exemplo. Uma certa taxa de incidência de doença pode ser crítica para epidemiologistas e esta pode ser usada como limite de classe.
- 2) Classificação Arbitrária de Dados – Utiliza regularmente números redondos, não havendo nenhuma relevância particular para a distribuição como divisão de classes, como por exemplo 10, 20, 30, 40 e assim sucessivamente. Usualmente este sistema é utilizado por razões de conveniência.
- 3) Classificação Idiográfica de Dados – método usado largamente por cartógrafos, no qual são determinados por eventos particulares na série de dados. O método “natural brakes” freqüentemente usado por cartógrafos é um exemplo de classificação idiográfica. O método de Quartis também são freqüentemente utilizados.
- 4) Classificação Seqüencial de Dados – Este método inclui unidades de desvio padrão, intervalos equivalentes e progressões aritméticas e geométricas.

Conforme aponta DENT (1999), a natureza do grupo de dados auxilia na seleção do método, conforme indica as características dos métodos a seguir:

**Equal steps** – Particularmente usual quando o arranjo do histograma de dados apresenta forma retangular (raro em fenômenos geográficos) e quando as unidades enumeradas são equivalentes em tamanho.

**Standart Deviation** – Deve ser utilizado somente quando os dados se aproximam de uma curva normal. As classes formadas produzem informação sobre freqüências de cada classe. Particularmente utilizada quando se objetiva mostrar o desvio da média. Não compreendido por muitos usuários. Usualmente limitada a seis classes.

**Arithmetic Progression** – Sistema variável, sistemático, intervalo matemático de classes. A forma geral será resultante das diferenças positivas ou negativas dos dados. Utilizado somente quando a disposição dos dados apresenta um comportamento em progressão aritmética.

**Geometric Progression** – Semelhante em algumas características a progressão aritmética. Muito utilizado quando a freqüência de dados declina continuamente com magnitude crescente.

**Quantiles** – bom método para garantir um número equivalente de observações em cada classe. Pode deturpar o resultado se a enumeração de unidades varia significativamente em tamanho. Não produz classes baseadas na frequência de observações.

**Natural Brakes** - Bom, modo gráfico de determinação natural de grupos de valores similares através da escolha de depressões significativas na distribuição da frequência. A menor parcela pode ser deturpada e pode produzir pobre definição de limite de classes. Utilizado em conjunto com outros métodos.

**Optimal** – Uma extensão do método natural brakes mas que produz uma referencia quantitativa. A técnica mais apropriada é aquela que forma classes que são internamente homogêneas e ao mesmo tempo retém heterogeneidade sobre as classes. Como o método natural brakes, os intervalos de classes são irregulares e limites de classes podem parecer desorganizada. Este é um método de atividade numérica de cluster.

O primeiro passo considerado por TYNER (1992) na análise de dados para formação de classes é o ordenamento das observações em um ranking de valores, de forma que os valores fiquem dispostos do maior para o menor. A inspeção visual do histograma de gráfico em barras verticais poderá indicar a natureza da amostra para escolha mais apropriada do método de intervalos de classes.

O problema da determinação da melhor distribuição dos intervalos de classe, tem sido uma preocupação constante, porque pela sua definição, existirá uma melhor ou pior visualização da informação. Quanto maior o número de intervalos de classe, mais consistente e aderente aos dados iniciais se estará, em contraposição mais difícil e confusa poderá se tornar a visualização dos intervalos (Menezes, 2005). Para um mesmo grupo de dados, diferentes métodos de classificação de intervalos de classe poderão apresentar diferentes resultados conforme exemplificado na figura 8 a seguir.

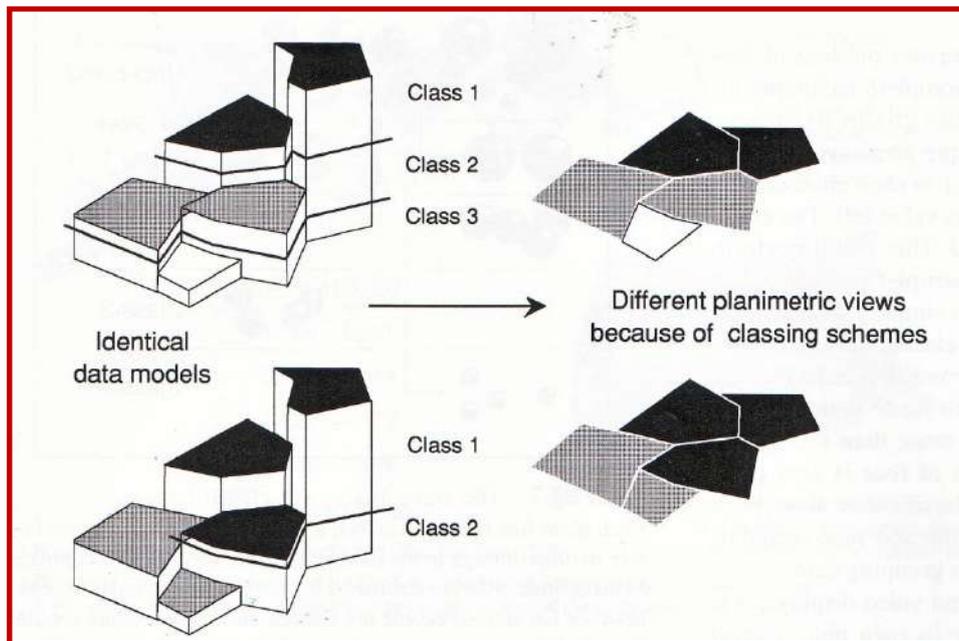


Figura 8 - Diferentes mapas planimétricos para os mesmos dados observados em função do método de classificação escolhido.

Fonte: DENT (1999)

Na prática, não mais que seis classes são recomendadas e um mínimo de quatro classes é também uma boa prática (DENT, 1999).

Independentemente do método escolhido, a definição dos intervalos de classe deve estar diretamente relacionada ao objetivo do mapa final e/ou à representatividade dos valores para o fenômeno em estudo.

Os intervalos de classe podem ser genericamente divididos em três grupos (MENEZES, 2005):

- 1) Intervalos constantes
- 2) Intervalos progressivos
- 3) Intervalos variáveis

O primeiro considera uma divisão de intervalos iguais, o segundo com intervalos sistematicamente maiores ou menores e o último destaca características internas da distribuição.

Os modelos mais empregados nos intervalos constantes são a divisão em percentuais iguais, a divisão em parâmetros da distribuição normal, médias intercaladas, divisão em quantis e divisão em áreas iguais.

A divisão em quantis, que será utilizada neste trabalho, consiste na divisão do número de observações em partes iguais (quartis, quintis, sextis). Cada classe apresenta, se possível, o mesmo número de observações de dados.

A divisão por natural breaks, também utilizada neste trabalho e constituinte dos intervalos variáveis, consiste na identificação de intervalos de classe com base no histograma de gráfico em barras verticas, disposto com valores crescentes, onde são identificados os gradientes mais abruptos por inspeção visual e onde é determinado o limite de duas classes adjacentes.

#### 2.4. Áreas Potenciais

O conceito de *Áreas Potenciais* utilizado neste trabalho foi desenvolvido com base no conceito de *Potencial Ambiental* apresentado por XAVIER-DA-SILVA (2001) que o classifica como “um levantamento de condições ambientais no qual são identificadas a extensão e possível expansão territorial de um processo ambiental”.

A identificação e extensão das condições ambientais apontadas por este autor são aplicadas neste estudo sobre atributos do sistema de transporte analisado e do contexto urbano em que este está inserido.

O conceito de *Área Potencial* é adotado como sendo “a área geográfica que contém aspectos ou condições que representam maior ou menor possibilidade de”. O objetivo deste trabalho articula este conceito com a *otimização de itinerários*, o qual é adotado enquanto atributo diretamente relacionado à redução do volume de transbordo e à geração de saldo positivo para o sistema de circulação.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Descrição geral

A proposta metodológica deste trabalho consiste, de forma geral, na combinação de dados operacionais do sistema de transporte e dados do contexto urbano, utilizando-se um sistema de informação geográfica, a fim de se identificar áreas com maior ou menor potenciais à otimização de itinerários. A otimização de itinerários está relacionada nesta proposta, principalmente, a redução da necessidade de transbordo e a geração de impactos positivos para o sistema de transporte de passageiros.

Os dados operacionais primários utilizados foram a *demanda de passageiros por linha e por sentido no horário de pico da manhã*, a *extensão de cada linha por sentido*, a *quantidade de passageiros embarcados e desembarcados em cada ponto de parada por linha e sentido no pico da manhã* e o *número de viagens realizadas por linha*.

Os dados do contexto urbano referem-se ao *tipo de uso do solo*, que foram identificados por lote urbano, aos *pontos notáveis*, que se referem a estabelecimentos que podem significar elevada atração de demanda de passageiros, como indústrias, escolas, unidades de saúde, shoppings, etc e ao *perfil de sobe-desce de linhas* que atendem à área em análise.

Com base nestes dados, são extraídos os índices *IPE* (Índice de Passageiros por Extensão da Linha) e *IPK* (Índice de Passageiros por Kilômetro) e realizadas classificações estatísticas sobre as variáveis, de forma a identificar sua posição em um ranking e sua classificação enquanto de *maior*, *médio* ou *menor* valor.

Com a utilização de uma Sistema de Informação Geográfica se identifica os bairros ou localidades que contém *linhas alimentadoras de maior IPE* em contato com *pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros*. Este procedimento constitui a *Análise Preliminar* da metodologia e está baseada na hipótese de que linhas que atualmente transportam elevado número de passageiros em curtas distâncias, seguidos de transbordo, representam elevado potencial para alteração de itinerário, a fim de se reduzir a necessidade obrigatória de transbordo.

A ocorrência de *linhas alimentadoras de maior IPE* em contato com *pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros* foi considerada como forte indicativo para a ocorrência da hipótese apresentada acima.

Identificado os locais desta ocorrência, segue-se para a etapa denominada *Análise de Verificação* que consiste em verificar se:

1. A linha alimentadora apresenta *IPK elevado, médio ou baixo*.
2. Está classificada como de *maior, média ou menor demanda* de passageiros.
3. O perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugere *significativo transbordo* com a linha alimentadora em análise.
4. A área em análise apresenta conflito de caracterização de geração e atração de viagens.

De acordo com a satisfação das situações acima mencionadas, a área de atendimento da(s) linha(s) alimentadora(s) é classificada como de *alta, média ou baixa potencialidade* à otimização de itinerário.

Desta forma, o resultado da aplicação metodológica é um diagnóstico do sistema integrado com identificação de áreas potenciais para levantamentos de outras variáveis de suporte à tomada de decisão.

A metodologia proposta reflete a necessidade intrínseca aos sistemas de transporte de melhor se adaptarem aos novos contextos de suas demandas, com destaque para sistemas integrados, que possuem maior rigidez e complexidade para alterações de traçado.

Tendo em vista esta importância da dinâmica das demandas na necessidade de reavaliação diagnóstica dos sistemas de transporte, os aspectos regionais e históricos também representam componentes importantes para um melhor entendimento da evolução do sistema estudado e por isso também fazem parte deste estudo.

Inicialmente foi realizado um levantamento de aspectos sócio-econômicos da região da área de estudo que possuem impactos diretos e indiretos no transporte coletivo urbano, tendo em vista, tanto um melhor entendimento da dinâmica da cidade, quanto contribuir para possíveis políticas para o transporte, dentro de uma perspectiva local e regional.

Em seguida foi realizado um breve levantamento histórico dos modos e sistemas de transportes da área de estudo, a fim de melhor compreender os impactos destes e da infra-estrutura desenvolvida na cidade.

Os dados primários utilizados foram obtidos através de levantamento de campo, de consulta à base de dados disponibilizada pela Prefeitura Municipal em seus diferentes órgãos, entre outras instituições municipais e federais.

### 3.2. Levantamento sócio-econômico regional do norte-fluminense

Este levantamento teve como base o crescimento médio populacional por município na área de influência da Bacia de Campos - RJ, a comparação relativa entre os valores de Royalties recebidos por parte dos municípios confrontantes com a Bacia de Campos, a comparação relativa entre o total de empregos formais oferecidos por cada município confrontante com a Bacia de Campos e a análise regional com base nas 3 variáveis adotadas.

A área adotada neste levantamento refere-se a porção norte do Estado do Rio de Janeiro e compreende os municípios que fazem parte de 4 mesoregiões definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, sendo a região *Norte Fluminense, Noroeste Fluminense, Baixada Litorânea e Centro Fluminense*. Esta área foi escolhida por atender aos municípios confrontantes com a Bacia de Campos e aos municípios localizados à montante da faixa litorânea, de forte influência do setor petróleo e gás.

As informações levantadas foram apresentadas em mapa a fim de facilitar o entendimento de indicadores dentro de um contexto regional, bem como subsidiar políticas de transporte sem negligência da influência meso e macro-econômica.

O mapa base utilizado foi retirado do servidor de mapas do IBGE e corresponde ao Estado do Rio de Janeiro, com a malha municipal e meso-regional, sendo os dados processados com uso de software Arcview 3.2.

Foram feitos levantamento de dados junto ao – IBGE, afim de se obter os dados relativos à contagem populacional por município, entre os anos de 1991 e 2000, para se extrair em seguida a taxa média de crescimento populacional por município.

Estes dados foram plotados nos municípios da área de estudo através de método coroplético, utilizando-se 5 classes obtidas através do método estatístico *natural brakes*. Foi utilizada a gradação de cores escolhida manualmente, variando a saturação e brilho de forma crescente conforme o aumento da taxa utilizada. As classes das extremidades do histograma obtido foram contempladas com a cor branca, que atende aos municípios que apresentaram, principalmente, média de crescimento populacional negativo e com a cor preta na classe que representa os municípios com maior taxa de crescimento populacional. Este forte contraste das cores das classes extremas foram utilizadas afim de evidenciar as áreas em que estão ocorrendo o esvaziamento e onde estão ocorrendo um significativo aporte populacional em relação a população pré-existente.

Foram feitos levantamento de dados junto a Agência Nacional de Petróleo (ANP), afim de se obter os valores brutos de Royalties recebidos pelos municípios que

compõem a Zona de Produção Principal (ZPP). A ZPP faz parte do Zoneamento Geoeconômico realizado pela ANP, baseada nos critérios de distribuição dos Royalties de Petróleo e corresponde aos municípios que recebem as maiores quantias de Royalties.

Os valores utilizados correspondem ao somatório dos valores brutos anuais recebidos por cada Prefeitura entre os anos de 2000 e 2004. A fim de diminuir as cifras por motivos de agilidade na operacionalização, esses valores foram divididos por 1000.

A fim de se obter um único mapa que pudesse apresentar as três variáveis adotadas no trabalho, os valores de Royalties recebidos foram plotados no mapa de acordo com o tamanho relativo de esferas em amarelo, as quais contém superpostas, o gráfico em barras em cor verde relativo a oferta de empregos.

Os valores de oferta de empregos foram obtidos junto ao Relatório Anual de Informações Sociais – RAIS do Ministério do Trabalho e correspondem à diferença do número de empregos formais oferecidos nos municípios da ZPP entre o ano de 2002 e 1998, ou seja, o crescimento da oferta de empregos formais em cinco anos.

Estes valores foram divididos por mil afim de facilitar a operacionalização e se manter a proporcionalidade e foram plotados no mapa através do gráfico em barras de forma a relativizar proporcionalmente os valores obtido entre os municípios da ZPP, sendo plotados em gráfico em barras de cor verde.

### 3.3. Levantamento Histórico dos Transportes em Macaé

Esta etapa consistiu no levantamento e centralização de dados e informações históricas relativas aos modos e sistemas de transporte da cidade de Macaé, sendo consultado o órgão gestor de trânsito e transportes municipal (MACTRAN), o museu Solar dos Mellos através de seu acervo bibliográfico, a INFRAERO, a PETROBRAS e a imprensa local.

Trabalhos em campo também foram realizados para levantamento fotográfico de infra-estruturas históricas e situações do cotidiano atual do sistema de transportes da cidade.

Os dados e informações foram estruturados de forma cronológica, sempre que possível, buscando-se também uma abordagem diversificada dos impactos de cada modo de transporte no sistema de circulação do município.

### 3.4. Correção e Atualização da Demanda do Transporte Coletivo

A atualização da demanda do sistema de transporte coletivo de Macaé tem como base os dados disponibilizados pela Prefeitura referentes ao ano de 2005, os quais foram atualizados e tiveram sua distribuição por linha corrigidos a partir do cruzamento de informações obtidas em campo com a realização de pesquisa sobe/desce, método de controle operacional de carregamento (ANTP, 1990) e identificação da oferta de viagens durante o horário de pico da manhã (figura 9).



Figura 9 – Fotografia de pesquisador durante registro em campo, conforme metodologia ANTP (1990)

Fonte: o autor

Os dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal através da MACTRAN e de sua Carta Convite 052/2.006 (Processo Administrativo 309/2.006), denominada Pesquisas no Sistema Integrado de Transporte Coletivo de Macaé, foram levantados pela empresa de consultora J2B Engenharia Ltda.

Neste levantamento foi identificada, entre outros itens, a demanda de passageiros do sistema integrado de transportes com base nos dados coletados conforme abaixo:

- Entrada nos Terminais (censitária para um período do dia)
- Embarque/Desembarque nos Terminais de Origem e de Destino, por Linha (censitária para um período do dia)
- Embarque/Desembarque ao longo do itinerário (pesquisa amostral embarcada)
- Integração (pesquisa amostral por entrevista)

A pesquisa da empresa consultora foi realizada entre os dias 27/novembro e 1º de dezembro de 2.006, no período das 6:00 às 19:00 hs., através da alocação de trinta pesquisadores e cinco coordenadores de equipe residentes em Macaé.

Esta pesquisa apontou a demanda de passageiros para todo o sistema e por linha, a partir da qual foi realizada a atualização da demanda através de levantamento de campo no horário de pico da manhã, no qual foi realizada nova pesquisa amostral de sobe/desce conforme método da CET-SP (1986) e análise comparativa da oferta de viagens e do carregamento observado conforme método da ANTP (1990).

O novo levantamento de sobe/desce foi realizado em parceria com a MACTRAN nos meses de março, agosto e setembro de 2008 em linhas troncais e circulares, no horário de pico da manhã, tendo em vista os casos em que o horário de início da viagem utilizado pela empresa consultora estavam em desacordo com o horário de pico da manhã da cidade de Macaé ou que refletiam discrepâncias no carregamento atual observado em campo, bem como em função da representatividade das mesmas no transporte de passageiros.

Os pontos de controle para o método de inspeção da ANTP foram estabelecidos com base nos pontos de maior ocupação conforme os gráficos de ocupação fornecidos pela Prefeitura e com base na indicação da fiscalização municipal de transportes.

#### 3.4.1. Demanda por linha

A demanda por linha foi obtida através da metodologia apontada no item anterior, utilizando-se os dados desagregados e somando-se as demandas nos dois sentidos da linha para o horário de pico da manhã, sendo posteriormente expandido para todo o dia, considerando a concentração da demanda de 11% para cada hora de pico.

Cabe destacar que o horário de pico da manhã identificado em campo para o caso de Macaé possui, em média, duração de 2h. e 30 min., correspondendo aos horários entre 5:30 e 8:00 h. A média foi obtida considerando o início e término do carregamento de passageiros em pé observados nos terminais de integração, os quais estão localizados nas extremidades da cidade e no centro.

A concentração da demanda de 11% para cada hora de pico foi obtida através da média da variação da demanda observada nos horários entre 6:00 e 8:00 h. identificados na pesquisa realizada junto aos terminais e na concentração da demanda por hora de pico em 12%, conforme aponta HCM para o padrão internacional.

A média foi então obtida considerando-se 12% para o período da hora anterior ao início dos levantamentos juntos às roletas dos terminais, seguido de 11% e 10,5%, respectivamente, conforme abaixo:

$$x = \frac{6\% (5:30 - 6:00) + 11\% (6:00 - 7:00) + 10,5\% (7:00 - 8:00)}{2,5} = 11\%$$

#### 3.4.2. Demanda por sentido

A demanda por sentido foi obtida com base nas demandas identificadas por linha, de forma desagregada por sentido, conforme apontado no item anterior, sendo que para a totalidade das linhas troncais e circulares foi identificado a participação percentual da demanda por sentido observada no levantamento de sobe/desce para o horário de pico da manhã e então aplicado esta participação por sentido sobre os valores totais da demanda por linha.

Este método foi utilizado nas linhas troncais e circulares tendo em vista que os dados de sobe/desce apresentam maior acurácia em relação ao método por inspeção visual e foi possível obtê-los para todas as linhas troncais e circulares no horário de pico da manhã, conforme exposto no item 4.5.

#### 3.4.3. Demanda por sentido no pico da manhã

Os dados de demanda por sentido no pico da manhã representam a informação básica utilizada na modelagem adotada neste trabalho, alimentando posteriormente a representação da pesquisa de sobe/desce e os fluxos de demanda nas linhas.

Esta demanda representa 27,5% da demanda diária por sentido das linhas, tendo em vista que foi considerada a média de 11% de concentração da demanda por hora de pico e um período de 2h. e 30 min. para o pico da manhã, sendo obtido através de pesquisa sobe/desce no caso das linhas troncais e circulares e por inspeção visual de ocupação no caso das linhas alimentadores, conforme exposto anteriormente.

#### 3.4.4. Demanda no acesso aos Terminais

Durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2008 as roletas dos terminais de integração do sistema integrado tiveram suas roletas de acesso controladas a fim de que fosse possível realizar uma análise comparativa da demanda atual em relação a demanda de 2006 no acesso aos terminais do sistema, além de ser utilizada para estimar a distribuição percentual da demanda nos dias úteis, sábados e domingos.

Com o apoio dos fiscais de transporte da Prefeitura foi realizada a leitura de todas as roletas de acesso aos terminais, diariamente às 3:00 h. durante o período da pesquisa, incluindo o acesso de pagantes e de gratuidades, encerrando o período mensal no dia 05 de cada mês.

O movimento de usuários foi controlado ao longo do dia pelos fiscais de plantão dos terminais e diariamente foi realizada leitura das roletas durante o período noturno a fim de se assegurar que não haveria nenhuma possível discrepância durante o período noturno.

Alguns dados apresentaram discrepância em função de eventuais necessidades de manutenção dos mecanismos das roletas, que muitas vezes precisavam ser realizados emergencialmente para não prejudicar o movimento de usuários e em grande parte das manutenções o contador era necessariamente resetado.

Nestes casos, os dados foram considerados discrepantes e não foram computados no processo de obtenção da média mensal, não sendo significantes para a amostra total, tendo em vista que apenas 5,5% dos dados foram rejeitados.

Desta forma, foi identificada a média de usuários que acessam ao sistema integrado através dos terminais de integração nos dias úteis, sábados e domingos, sendo assim realizada a comparação dos valores obtidos na pesquisa de 2005.

Nesta comparação não foram considerados os terminais Lagoa e Barra, tendo em vista que se encontravam desativados enquanto terminais de integração, quando foi realizado o levantamento em 2008.

### 3.4.5. Flutuação da demanda

Tendo em vista que o levantamento de dados de demanda e da pesquisa sobre/desce foi realizada por amostra parcial em horários e dias da semana, as informações referentes à flutuação da demanda foram utilizadas na identificação da participação percentual da demanda no horário de pico da manhã, bem como para efeitos de validação da expansão da amostra.

A participação percentual da demanda no horário de pico da manhã, no caso do período entre 06:00 e 08:00 h., foi obtida através dos levantamentos realizados na pesquisa de 2006, na qual os assistentes de pesquisa foram posicionados junto às roletas de acesso aos terminais do sistema integrado, realizando as seguintes atividades:

- anotaram, de 15 em 15 minutos, a catraca de início e fim;
- contaram visualmente os usuários idosos;
- obtiveram a quantidade de estudantes que trocavam os seus passes por bilhetes para passar na catraca,
- anotaram os usuários que entravam no terminal proveniente das vans.

Desta forma, foi possível agregar os dados e obter a participação percentual da demanda por hora ao longo do período pesquisado, o qual foi utilizado na identificação da média do pico da manhã, com as contribuições de 11% entre 06:00 e 07:00 h. e de 10,5% entre 07:00 e 08:00 h., conforme figura 9 abaixo.

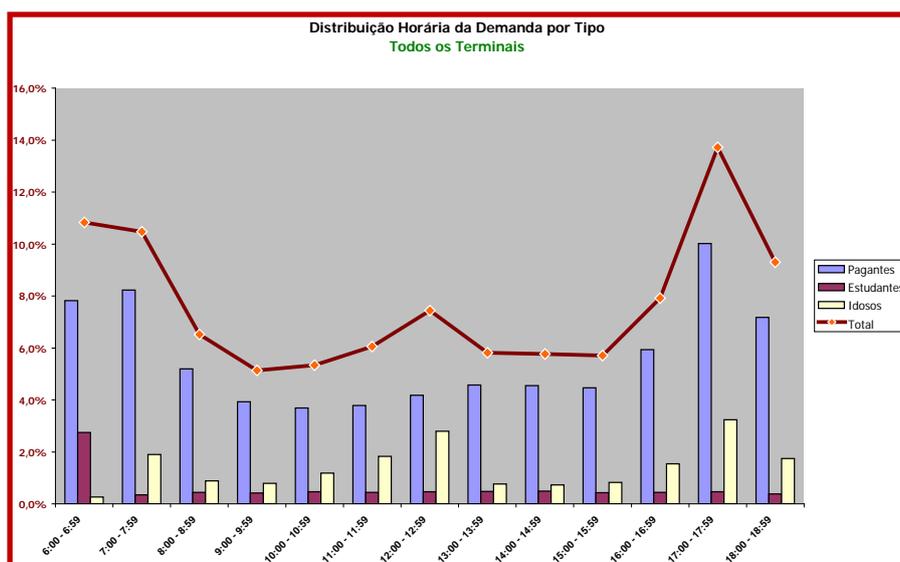


Figura 9: Gráfico de distribuição percentual da concentração da demanda ao longo do dia nos terminais

Fonte: J2B Engenharia

Tendo em vista que o período de pico da manhã identificado em média, nos terminais da cidade, corresponde ao intervalo entre 05:30 e 08:00 h., foi considerada a demanda de 12% por hora de pico para o período anterior ao início da pesquisa, conforme adota o HCM, obtendo-se, junto com os percentuais apontados no parágrafo anterior, a média de 11% de concentração por hora de pico da manhã e 27,5% para o período de pico da manhã.

A participação percentual da demanda para os dias da semana foi obtida através da pesquisa realizada em 2008 junto aos terminais, conforme exposto no item anterior, na qual foi possível observar uma variação pouco significativa entre os dias úteis, sendo considerada desta forma, as categorias *dia útil*, *sábado* e *domingo* e na qual foi possível identificar a distribuição percentual da demanda nestas categorias, conforme *tabela 1* abaixo.

*Tabela 1:* Distribuição percentual da demanda por dia da semana

<b>DIAS DA SEMANA</b>	<b>PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA</b>
DIA ÚTIL	100 %
SÁBADO	59 %
DOMINGO	42 %

Para efeito de validação foi observada a oferta da principal linha do sistema, linha T 11 – Terminal Parque de Tubos x Lagomar, que percorre a área urbana em toda sua extensão longitudinal e possui a maior oferta e demanda do sistema integrado. Esta apresentou distribuição percentual da oferta de viagens bastante semelhante ao comportamento da demanda nos terminais, conforme *tabela 2* abaixo.

*Tabela 2:* Distribuição percentual da oferta de viagens da principal linha do sistema

<b>DIAS DA SEMANA</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA OFERTA DE VIAGENS DA LINHA T11</b>
DIA ÚTIL	100 %
SÁBADO	60 %
DOMINGO	53 %

A variação mais expressiva observada na oferta de viagens da linha T 11 em comparação ao levantamento realizado junto aos terminais encontra-se no domingo, o qual apresentou diferença percentual de 11 pontos percentuais. Esta diferença deve ser explicada em função de que a oferta de viagens não pode necessariamente acompanhar a demanda aos domingos e feriados, tendo em vista que pode resultar em headway demasiadamente longo para espera do usuário. Esta restrição também é garantida por norma municipal que limita a redução da frota em no máximo 40% do número de veículos utilizados nos dias úteis.

Desta forma, consideramos que a distribuição percentual da demanda nos dias úteis, sábados e domingos, identificada através dos levantamentos juntos aos terminais, possa ser expandida para todo o sistema integrado.

### 3.5. Pesquisa embarque/desembarque

A pesquisa de embarque/desembarque ou sobe/desce foi realizada conforme metodologia CET-SP (1986) junto às linhas troncais e circulares que não foram contempladas no horário de pico da manhã na pesquisa de sobe/desce realizada em 2005 pela pesquisa pretérita, o que nos remeteu ao novo levantamento junto às linhas T 31 – Terminal Central x São Marcos, T 51 – Terminal Novo Hospital x Terminal Central, T 22 – Ajuda x Terminal Central, T 13 – Lagomar X Terminal Novo Hospital, T 23 – Terminal Novo Hospital x Terminal Parque de Tubos, C 11 – Terminal Central x Campo D`oeste, C 21 – Terminal Central x Imbetiba e C 31 – Terminal Central x Novo Horizonte.

O novo levantamento de sobe/desce foi realizado em parceria com a MACTRAN e com apoio de funcionários desta instituição, em dias úteis nos meses de março, agosto e setembro de 2008, ao longo do horário de pico da manhã, sendo realizadas seis amostras por linha, sendo três para cada sentido (figura 10).



Figura 10 – Fotografia de embarque de passageiros no sistema integrado de Macaé durante pesquisa de sobe-desce. A contagem é realizada por pesquisadores alocados no interior do veículo juntos às portas de embarque e desembarque.

Fonte: Sérgio Henrique

Os dados foram tabulados em planilha Excel 2007 de acordo com o novo cadastro de pontos de parada, conforme descrito no item 4.6.3.3. a baixo, sendo extraído a média de embarque e de desembarque de passageiros por ponto de parada no sentido da linha em análise.

Em seguida, foi identificada a proporção do volume de embarque e de desembarque em relação à média total da demanda das viagens analisadas no mesmo sentido, para então se aplicar o percentual encontrado por ponto de parada à demanda obtida para a referida linha/sentido (os valores de demanda foram obtidos de acordo com a metodologia exposta anteriormente).

Desta forma, se obteve o total do volume de passageiros que embarcaram ou desembarcaram por ponto de parada da linha/sentido ao longo do horário de pico da manhã.

Para as linhas em que foram obtidos dados de embarque/desembarque, como no caso das linhas troncais e circulares, a distribuição percentual da demanda por sentido foi obtida com base na média do total de passageiros embarcados por sentido, sendo considerado como 100% a média do total da demanda de passageiros nos dois sentidos.

As linhas alimentadoras não foram contempladas com dados de sobe/desce em função do tempo e recursos disponíveis, bem como do artifício utilizado em um dos objetivos do trabalho, através de técnicas de geoprocessamento, de forma a permitir a visualização razoável do movimento de passageiros no sistema sem a realização de pesquisa sobe/desce para todo o sistema.

No caso das linhas troncais em que não foi realizada pesquisa sobe/desce no ano de 2008, foram utilizadas as planilhas dos dados brutos da pesquisa sobe/desce realizada em 2006. A pesquisa realizada em 2006 apresentou o comportamento de embarque e desembarque referente à média do movimento ao longo de todo o dia. Desta forma, não foi possível utilizar estes dados prontos, tendo em vista o objetivo deste trabalho em perceber o movimento de passageiros em determinado período do dia e que os dados, apesar de terem sido obtidos por sentido da linha, incorporavam o movimento de ida e vinda do mesmo passageiro em função de abordarem o período da manhã, do meio-dia e da tarde em um único resultado.

Sendo assim, não é possível identificar o real sentido do movimento de sobe/desce, o que é refletido, muitas vezes, em gráficos praticamente simétricos quando comparados sentidos opostos de uma mesma linha, em desacordo com o real sentido do movimento de passageiros se considerada sua origem e destino.

Para isso, as planilhas com os dados brutos levantados em 2006 foram tabuladas em Excel 2007, utilizando-se aquelas que contemplavam o horário de pico da manhã, para então se extrair a média de embarque e de desembarque de passageiros por ponto de parada da linha/sentido, seguido dos procedimentos já expostos na identificação do volume final de embarque/desembarque por ponto de parada/linha/sentido.

Cabe destacar que antes da realização da média bruta de embarque e desembarque por ponto de parada, foi realizado um processo trabalhoso de adaptação do cadastro de pontos de parada, no qual o cadastro irregular da pesquisa de 2006 e que apresentava, por exemplo, diferentes referências para um mesmo ponto de parada, foi adaptado ao cadastro desenvolvido neste trabalho, através da contraposição paralela de planilhas e agregação/desagregação de pontos de parada e de suas respectivas demandas.

Nos casos em que muitas referências da pesquisa de 2006 estavam incompatíveis com o cadastro desenvolvido neste trabalho, foi necessária a realização de novo trabalho de campo para averiguação e identificação da melhor alocação da demanda. Em muitos casos foi possível observar que se tratavam de parada fora do ponto oficial e que foi registrado pelo pesquisador exatamente a referência do local de frenagem ou se tratavam de ponto de parada sem sinalização oficial e que recebiam referências diferentes de acordo com a informação fornecida pelo pesquisador.

A metodologia utilizada no desenvolvimento do cadastro de pontos de parada adotada neste trabalho está apresentada no item 4.6.3.3. Durante a realização do levantamento de sobe/desce de 2008, no caso de parada fora do ponto, a demanda referente foi alocada para o ponto de parada mais próximo que constava no cadastro.

### 3.6. Bases Cartográficas

#### 3.6.1. Considerações Gerais

As bases cartográficas geradas, editadas e utilizadas neste trabalho possuem como base metodológica o uso do Sistema de Projeção Transversa de Mercator, Sistema de Coordenadas UTM e Datum Horizontal SAD 69. Estas informações foram omitidas da maioria dos mapas, tendo em vista as limitações de ferramentas de layout e comunicação cartográfica do software utilizado.

#### 3.6.2. Arquitetura e Implantação do Banco de Dados

A estrutura do banco de dados foi previamente realizada através de organograma que considerou as entidades a serem mapeadas, os atributos a comporem o banco de dados relacional e os atributos dos bancos de dados e tabelas alfanuméricas (dados operacionais e outros), que apesar de não constarem no banco de dados relacional, possuem referência nas tabelas do SIG a fim de serem localizadas e complementadas a partir de um possível processo de join ou análise individual.

As informações do modelo acima referido foram obtidas através de relatórios e trabalhos de campo que possuem sua metodologia melhor detalhado nos itens específicos de cada tema, sendo operacionalizados através dos softwares Windows XP, Excel 2000, Access 2000 e Transcad 4.5 Full.

#### 3.6.3. Atualização da Base de Vias

O mapa dos eixos viários da cidade foi inicialmente obtido através da importação para o software *Transcad*, da base de vias do município gerada em plataforma Arcview 3.2 sob fotografia aérea de 2001, escala 1:2.000. A partir desta base foi realizado levantamento em campo de logradouros das vias utilizadas pelos ônibus do sistema integrado, acompanhado da identificação da geometria de vias através de croqui e reprodução no *Transcad* utilizando a ferramenta *Map Editing* (figura 11).

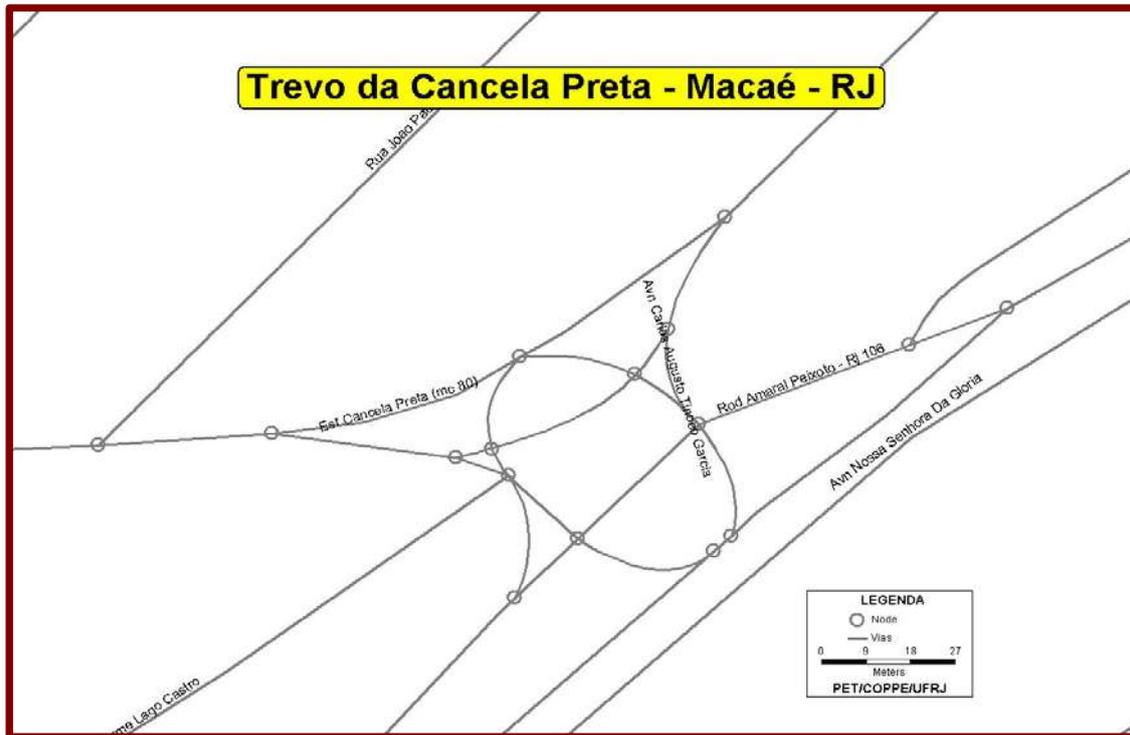


Figura 11 – Mapa parcial dos eixos da malha viária da cidade de Macaé, sobre o qual foram editados trevos e retornos para mapeamento das linhas do sistema integrado, utilizando o software *Transcad*.

Esta atualização da base inicial de vias foi realizada principalmente sobre trevos, retornos, conversões à esquerda e áreas periféricas não constantes na base original. Em alguns casos foi consultada imagem de satélite disponibilizada pela *Google Earth*, para melhor exatidão da geometria e/ou extensão de vias não mapeadas.

Cabe destacar que a base de vias geradas apresenta somente o eixo da via, considerado como a linha mediana da via, não representando desta forma a largura da via, o que nos remeteria a um levantamento de detalhe exaustivo e distante dos objetivos do trabalho.

#### 3.6.4. Identificação da Área Urbana

Para compor a análise do traçado de linhas do sistema integrado no que se refere ao alcance espacial do sistema, foi identificada a área urbana do município, considerando-se a área delimitada pela distância de 50 m. das vias localizadas nas extremidades da malha viária.

Cabe destacar que não foram consideradas as vias localizadas após o último retorno da RJ-168 no sentido da serra do município, tendo em vista que esta irá conectar outras vias em meio rural.

A área urbana foi obtida através da geração de *buffer* euclidiano de 50 m. sobre a malha viária.

### 3.6.5. Traçado de Linhas do Sistema Integrado de Macaé - RJ

O traçado das linhas do sistema foi obtido por sentido de cada linha com base nos itinerários oficialmente publicados pela Prefeitura. Em alguns casos foi observado que o itinerário praticado não correspondia ao itinerário oficial, estando geralmente relacionado á impossibilidade ou risco de tráfego por ônibus no itinerário oficial. Desta forma, foi adotado o itinerário realizado no momento da pesquisa de sobe/desce.

O mapeamento foi realizado utilizando-se a ferramenta *Route System*, adotando-se o estilo zebrado, em cores aleatórias, largura 2 e com apresentação do indicador de topologia. Este mapeamento foi utilizado na determinação do alcance espacial do sistema e nas análises do traçado de linhas e do sistema operacional.

Foram mapeadas 30 linhas por sentido, totalizando 59 rotas (figura 12), tendo em vista que a linha A-61 foi considerada linha circular de 01 (sentido) em funções de suas modificações operacionais e da indisponibilidade de dados de passageiros que tinham destino dentro ou fora do bairro de atendimento.

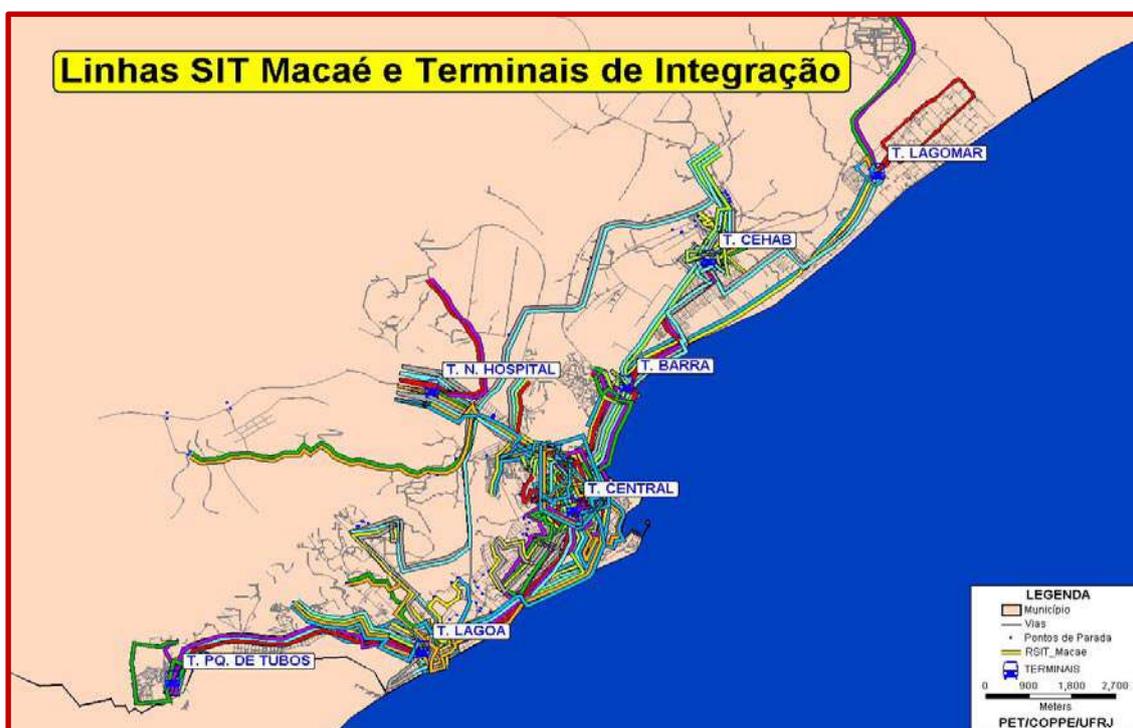


Figura 12 – Mapa de linhas e Terminais do Sistema Integrado de Transportes de Macaé - RJ

Algumas linhas não foram mapeadas tendo em vista que fugiam ao objetivo do trabalho, como no caso das 04 linhas de atendimento a área rural (linhas da serra), as 02 linhas de atendimento aos bairros da Ajuda que já haviam sido substituídas pela linha troncal T-22, a linha T-23 que foi considerada como extensão da linha T-13 em função de sua operação em fusão e a linha A-42 que havia sido suspensa do projeto inicial do Sistema Integrado, tendo em vista a falta de infra-estrutura de ponte necessária.

Para o caso das análises de distribuição dos fluxos por linha foi utilizada a cor azul marinho para todas as linhas, tendo em vista o contraste destas com o fundo adotado, sendo o estilo sólido e com espessura de acordo com a metodologia utilizada no mapa de fluxos por linha.

### 3.6.6. Identificação de Pontos de Parada

O mapa de *pontos de parada* do sistema integrado foi confeccionado a partir da identificação em campo de cada ponto, identificando-se os atributos de endereço, nº de referência do estabelecimento mais próximo, nome de referência do local de conhecimento popular, registro de ocorrência de sinalização vertical e tipo de placa, registro de ocorrência de abrigo, quantidade de abrigo por ponto e modelo, registro de ocorrência de baía e metragem de distância do ponto anterior.

Os atributos identificados foram adicionados ao banco de dados relacionado ao mapa de pontos de parada conforme estruturação apresentada anteriormente.

Cabe destacar que a metragem de distância entre um ponto e outro foi obtida com uso de hodômetro de carro de passeio com menor intervalo de 100 m., sendo também utilizado mapa de vias impresso em escala 1:2.000 para auxílio no posicionamento do ponto, tendo em vista que erros em torno de 100 m. podem posicionar o ponto em quadra equivocada ou até mesmo em outra via. Desta forma, os mapas impressos foram bastante úteis pois permitiram melhor acurácia no posicionamento, a partir das referências de ruas, tamanho de quadras e geometria da via.

Desta forma, os pontos de parada foram plotados em mapa digital com uso da ferramenta *Map Editing*, em escala 1:2.000, com uso da base de vias sob o layer de pontos de parada (figura 13).

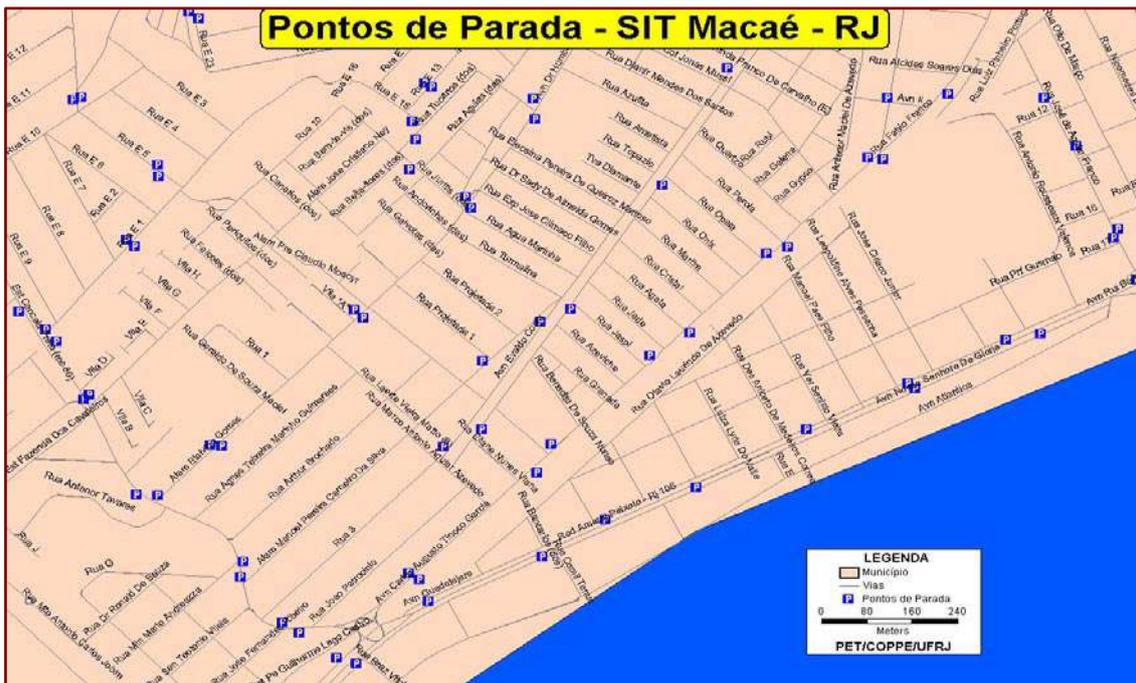


Figura 13 – Mapa parcial dos 629 Pontos de Parada mapeados junto ao Sistema Integrado de Macaé – RJ em sua área urbana.

Muitos pontos de parada não estavam sinalizados, desta forma foi realizado um trabalho em conjunto com a MACTRAN para identificação dos locais de concentração de demanda e implantação de novos pontos com sinalização vertical. O levantamento foi realizado em viatura e embarcado em coletivos, acompanhado também de consulta aos motoristas de ônibus para identificação dos locais convencionais de parada.

Em seguida foi analisada a viabilidade técnica de implantação oficial de ponto de parada nos locais identificados, com base nas normas do DENATRAN, na distância entre o ponto anterior e posterior, impacto na circulação viária, ocorrência de possível cobertura para abrigo às intempéries do tempo e segurança do passageiro, segurança de pedestres e motoristas, seguido da sinalização vertical do mesmo.

O mapeamento e confecção do banco de dados de pontos de parada foi concluído totalizando 628 pontos identificados, mas não necessariamente atendidos a tempo com sinalização vertical em sua totalidade. A simbologia adotada para ponto de parada foi retirada do módulo *caliper transportation*.

Algumas localidades não foram mapeadas por questões de segurança ou por disponibilidade de tempo e recursos como nos casos de Nova Holanda, Malvinas, Vivendas da Lagoa, Lagomar, Vila Badejo, Imbuuro, Jardim Esperança, Jardim Carioca, Engenho da Praia e Cabiúnas. No entanto, todas as linhas troncais e circulares foram contempladas no mapeamento.

### 3.6.7. Identificação de Terminais

O mapa de terminais foi elaborado a partir da identificação em campo dos **terminais do sistema integrado, terminais rodoviários, pontos de táxi, aeroporto, heliporto e porto marítimo**, sendo identificados os atributos de endereço, referência e quantidade de usuários/dia quando disponível para confecção do banco de dados alfanumérico. Durante o levantamento foram utilizados mapas de vias e quadras impressos em escala 1:2.000 a fim de auxiliar na acurácia de localização da entidade para em seguida serem plotados em layer de terminais com uso da ferramenta *Map Editing* também em escala 1:2.000.

Foram identificados a totalidade de terminais oficiais no município, exceto terminais de carga, sendo 7 terminais do sistema integrado de transportes, 01 terminal rodoviário relativo aos transportes intermunicipais, 06 pontos de táxi, 01 aeroporto/heliporto e 01 porto marítimo. A simbologia utilizada para os terminais foi retirada do módulo *caliper transportation*.

### 3.6.8. Identificação de Creches e Escolas

O mapa de **creches e escolas** municipais foi obtido através da atualização do mapa de fornecido pela Secretaria de Planejamento em formato .shp, o qual foi convertido em formato CSGD (Caliper Standart Geographic Database) e adicionado ao sistema Transcad.

A atualização foi realizada através de trabalho de campo nas unidades que constavam no cadastro fornecido pela Secretaria de Educação, mas que não constavam no mapeamento fornecido pela Secretaria de Planejamento ou que apresentavam deslocamento em relação à base de vias e lotes. O levantamento foi acompanhado de mapa de vias e lotes impresso em escala 1:2.000 a fim de auxiliar o posicionamento da entidade, sendo identificados os atributos de endereço, quantidade de alunos, turnos, telefone e nome do diretor.

O mapeamento foi realizado com plotagem de pontos com ferramenta *Map Editing*, totalizando 73 unidades entre creches e escolas municipais e 19 escolas particulares, sendo adotada a simbologia do módulo *caliper cartographic* (figura 14).



Figura 14 – Mapa parcial de escolas municipais da cidade de Macaé - RJ

### 3.6.9. Identificação de Pontos Notáveis

O mapa de pontos notáveis foi realizado em campo com utilização de viatura disponibilizada pela MACTRAN e através de consulta ao Centro de Controle de Tráfego desta instituição e a cidadãos macaenses. Os pontos notáveis se referem a locais de significativa demanda de circulação de pessoas ou pontos de referência da cidade. O levantamento incluiu a identificação de **universidades, hospitais, cinemas, teatro, shoppings, lojas e bancos** sendo identificados os atributos de endereço, referência e quantidade de usuários quando disponíveis.

Foram mapeados 223 pontos notáveis através da plotagem em mapa digital com uso da ferramenta *Map Editing*, sendo utilizado a simbologia do módulo *caliper cartographic* conforme figura 15 abaixo.

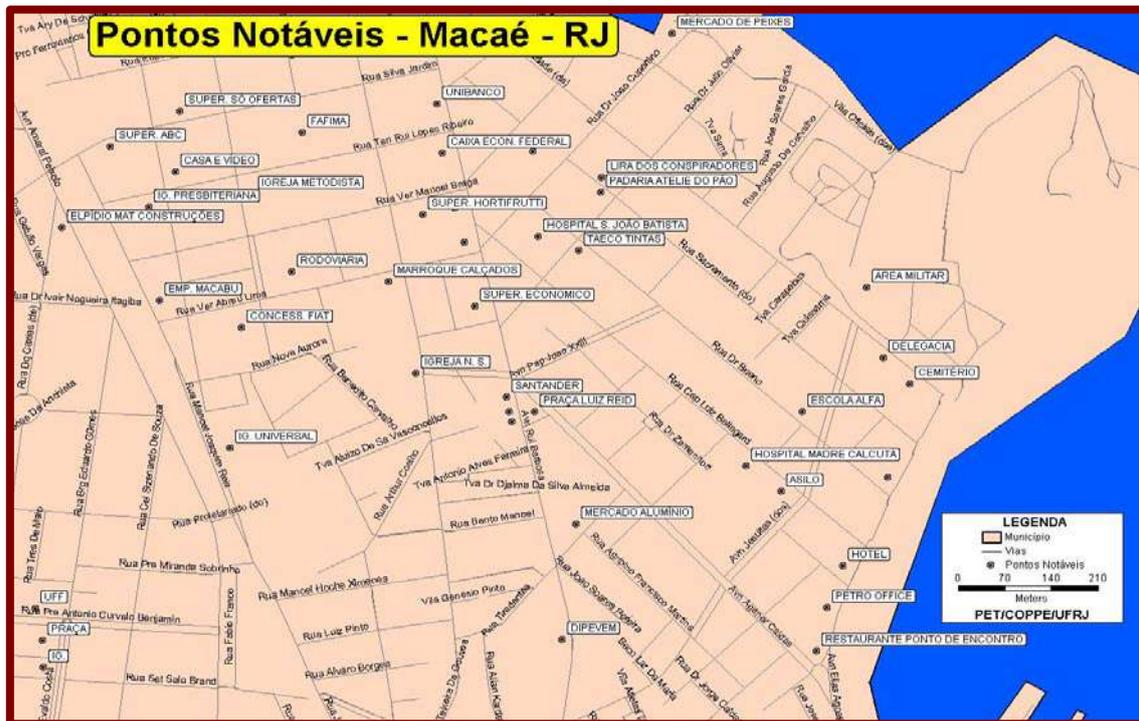


Figura 15 – Mapa parcial de Pontos Notáveis da cidade de Macaé –RJ, realizado com apoio do Centro de Controle Operacional da MACTRAN

### 3.6.10. Atendimento espacial do sistema

O mapa de atendimento espacial do sistema foi obtido através da geração de *buffer* euclidiano de 300 m. sobre as linhas do sistema (figura 16), seguido de sobreposição deste com o mapa de *área urbana* e de *bairros*. Desta forma foram identificadas as áreas não atendidas pelo *buffer* das linhas e aplicado cálculo da área não atendida.

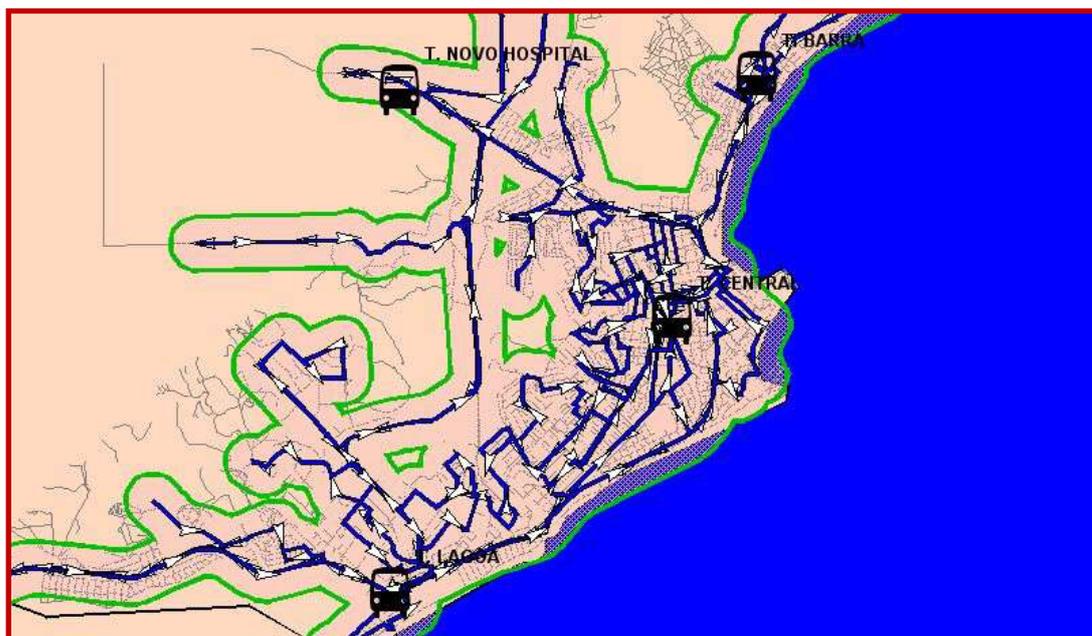


Figura 16 – Mapa parcial de alcance espacial do sistema com base em raio de alcance euclidiano de 300 m.

O cálculo foi realizado para a área urbana que não estava contida na área de alcance das linhas, sendo o mesmo procedimento realizado em relação ao mapa de bairros.

Desta forma foi possível obter o percentual da área total urbana atendida pelo sistema integrado em uma distância euclidiana máxima de 300 m., bem como o ranking de bairros por menor atendimento espacial do sistema (tabela 3).

Tabela 3 – Atendimento percentual do sistema e ranking parcial de bairros por área não atendida em raio de 300 m.

<b>Atendimento espacial do sistema (300 m.)</b>	<b>82,3%</b>
<b>Áreas não atendidas (% bairros)</b>	
<b>Aeroporto</b>	<b>22,7%</b>
<b>Novo Cavaleiros</b>	<b>33,8%</b>
<b>Nova Holanda</b>	<b>52,5%</b>

### 3.6.11. Distribuição da Demanda por Linha e por Sentido

O mapa de distribuição da demanda por linha foi obtido com base na metodologia de correção e atualização da demanda apresentada anteriormente e no traçado de linhas do sistema.

A distribuição da demanda é representada pela quantidade de passageiros transportados por linha/sentido/pico da manhã, adotando-se seis classes de demanda por linha. Os valores de demanda por linha/sentido/pico foram apresentados com base no método de *natural breakes*, a partir da plotagem dos valores de demanda em gráfico de curva descendente em plataforma Excel e identificada as “quebras naturais” por inspeção visual.

A partir da identificação das classes, estes valores foram informados manualmente junto ao software Transcad no processo de confecção de classes para mapa temático.

A demanda das linhas/sentido/pico foi representada na cor azul para contraste com a cor da base de município, sendo as classes representadas pela espessura de cada linha, a qual apresenta proporcionalidade linear de acordo com as classes de demanda identificadas.

A plotagem das linhas por demanda foi realizada sobre o centro dos links da base de vias, de forma que no caso de sobreposição de linhas, a linha de menor demanda ficará ocultada sobre a linha de maior demanda.

Esta metodologia foi adotada a fim de que o mapa não se apresentasse demasiadamente denso, no entanto, em alguns casos durante a análise foi consultado o mapa de demanda por linha adotando-se a plotagem em torno do link de vias, a fim de que se pudesse identificar a concentração da demanda por trecho da via (figura 17).

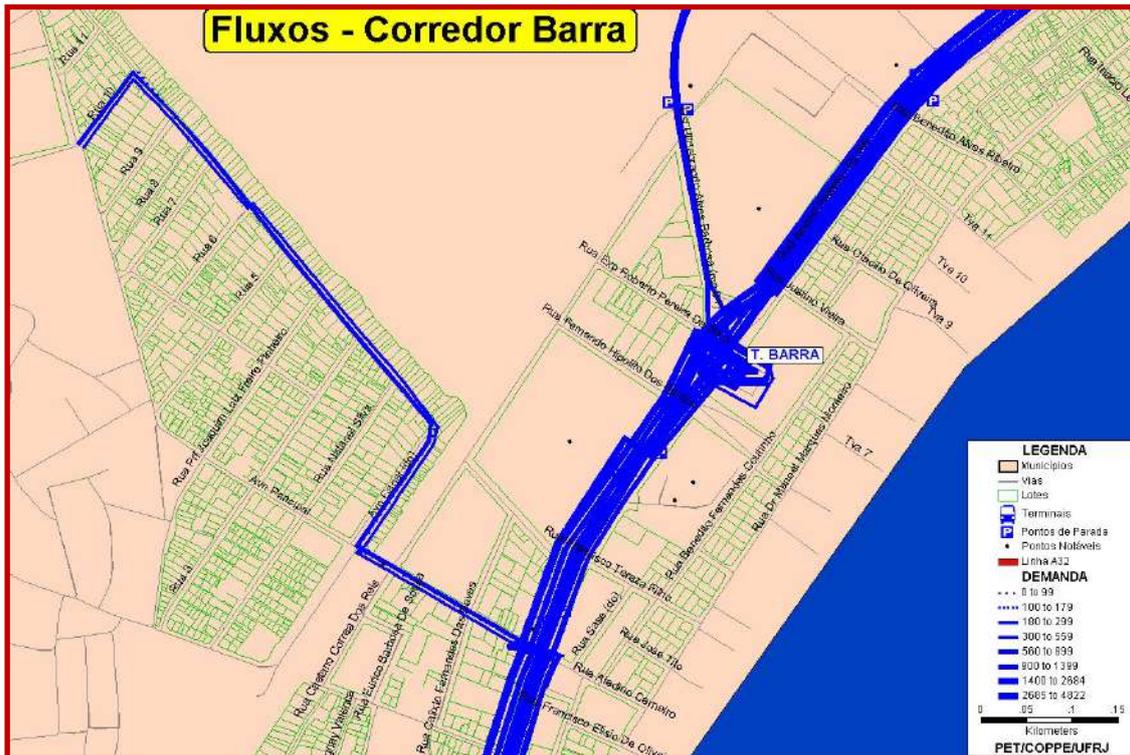


Figura 17 – Mapa parcial de fluxos de demanda de passageiros por linha e sentido no horário de pico da manhã do Sistema Integrado de Macaé – RJ.

### 3.6.12. Distribuição do Embarque e Desembarque por Linha e por Sentido

O mapa de distribuição do embarque e desembarque foi obtido com base na pesquisa de sobe-desce, sendo os valores de embarque e desembarque plotados sobre o mapa de pontos de parada em forma de gráfico em barras verticais, utilizando-se as cores verde e preto para embarque e desembarque, respectivamente (figura 18).

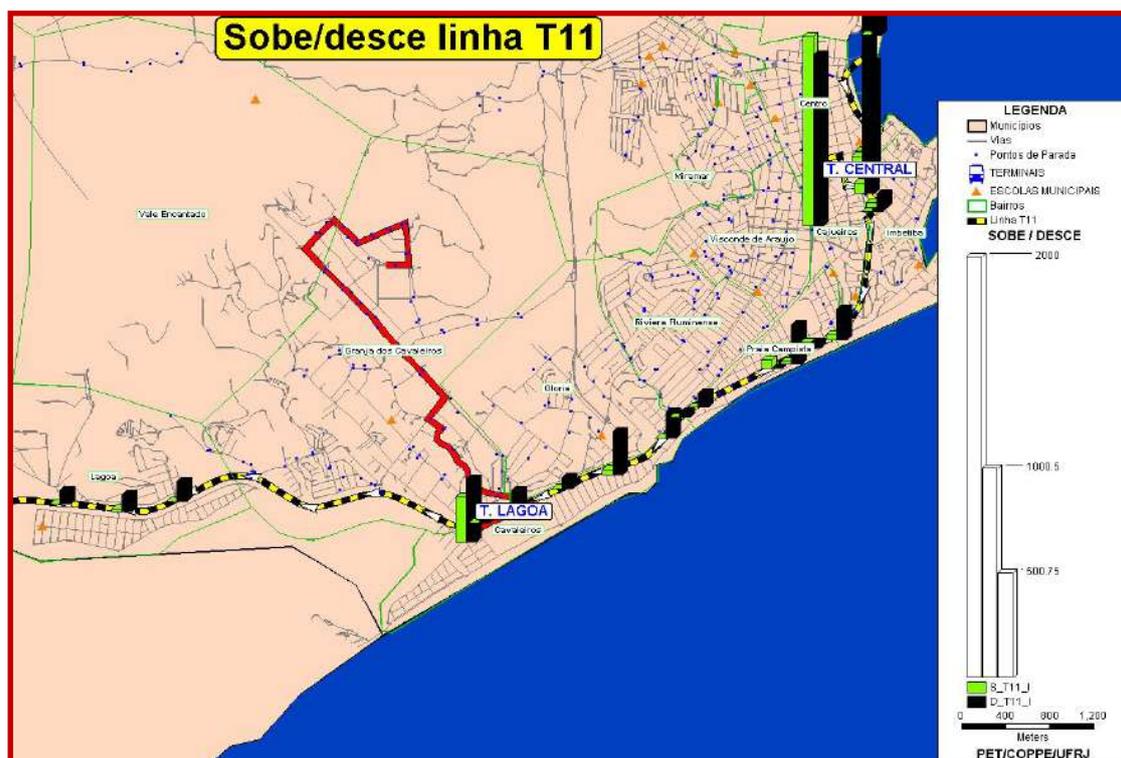


Figura 18 – Exemplo de mapa de sobe/desce de linha troncal do Sistema Integrado de Macaé por sentido no horário de pico da manhã (traçado zebrado amarelo e preto). Volume de embarque sobre gráfico em barra na cor verde e desembarque na cor preta.

Os dados da pesquisa de sobe-desce plotados em plataforma Excel 2007 foram tratados de forma que a partir de seu armazenamento em Excel 2000 fosse possível seu armazenamento em formato .dbf, o qual é compatível com o sistema Transcad. Em seguida a tabela de sobe-desce foi importada para a base de pontos de parada através de processo de *join*, sendo então gerado o mapa temático mediante utilização de gráfico sobre as colunas correspondentes ao embarque e desembarque de passageiros.

O tamanho da barra representa a quantidade bruta de passageiros embarcados/desembarcados no ponto ao longo do horário de pico da manhã. O menor valor adotado foi de 01 passageiro e o maior valor corresponde ao maior valor médio amostral obtido na pesquisa de sobe/desce.

Foi considerado o tamanho 0 (zero) da barra para os casos de valor 1 (um) de embarque/desembarque e o tamanho da barra correspondente ao caso de maior valor foi obtido conforme sua harmonização com o mapa e facilidade de interpretação em relação à escala de análise. Para a espessura da barra foi adotado o valor 3 (três) como padrão quando em análises realizadas em escalas menores que 1:30.000 e valor 5 para análises em escalas maiores ou igual a 1:30.000.

Para auxiliar nas análises o mapa de distribuição de embarque e desembarque por linha/sentido foi plotado sobre o mapa da respectiva linha em análise e sobre o mapa de tipologia de uso do solo.

### 3.6.13. Distribuição do Embarque e Desembarque por Ponto de Parada

O mapa de embarque e desembarque por ponto de parada foi obtido com base no banco de dados obtido através dos sucessivos processos de *join* realizados a cada mapa de sobe-desce gerado por linha e sentido ao longo do pico da manhã. O processo de *join* para todas as linhas e sentido possibilitou a criação de uma planilha unificada, a qual foi exportada para plataforma Excel em formato .dbf, de forma que os valores de embarque e desembarque fossem alinhados com base no identificador de cada ponto de parada.

Desta forma, foi possível realizar o somatório de valores de embarque e desembarque para cada identificador de ponto de parada, obtendo-se o total de passageiros embarcados e desembarcados por ponto de parada independentemente da linha utilizada.

A planilha com os totais de embarque e desembarque por ponto de parada foi anexada ao banco de dados da base de pontos de parada através de processo de *join*, sendo então aplicado a ferramenta de gráficos para mapa temático com a utilização dos campos de totais da planilha.

Para os gráficos gerados com os totais de sobe-desce por ponto foi adotado o valor 1 (um) como menor valor de movimento de passageiro, correspondendo a barra de tamanho 10 (dez) e o valor 4616 para o caso de maior movimento de passageiros, correspondendo a barra de tamanho 300.

Estes valores foram fornecidos manualmente tendo em vista sua harmonização com o mapa e facilidade de análise em escala 1:10.000, sendo as cores da barra verde e preto para embarque e desembarque respectivamente (figura 19).



Figura 19 – Mapa parcial de sobe/desce total de passageiros por Ponto de Parada no horário de pico da manhã do Sistema Integrado de Macaé, com volume de embarques na cor verde e volume de desembarque na cor preta.

#### 3.6.14. Distribuição de Passageiros no Acesso aos Terminais

Durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2008 as roletas dos terminais de integração do sistema integrado tiveram suas roletas de acesso controladas a fim de que fosse possível realizar uma análise comparativa da demanda atual em relação a demanda de 2006 no acesso aos terminais do sistema, além de ser utilizada para estimar a distribuição percentual da demanda nos dias úteis, sábados e domingos, que será abordada no próximo item.

Com o apoio dos fiscais de transporte da Prefeitura foi realizada a leitura de todas as roletas de acesso aos terminais, diariamente às 3:00 h. durante o período da pesquisa, incluindo o acesso de pagantes e de gratuidades, encerrando o período mensal no dia 05 de cada mês.

O movimento de usuários foi controlado ao longo do dia pelos fiscais de plantão dos terminais e diariamente foi realizada leitura das roletas durante o período noturno a fim de se assegurar que não haveria nenhuma possível discrepância durante o período noturno.

Alguns dados apresentaram discrepância em função de eventuais necessidades de manutenção dos mecanismos das roletas, que muitas vezes precisavam ser realizados emergencialmente para não prejudicar o movimento de

usuários e em grande parte das manutenções o contador era necessariamente resetado.

Nestes casos, os dados foram considerados discrepantes e não foram computados no processo de obtenção da média mensal, não sendo significantes para a amostra total, tendo em vista que apenas 5,5% dos dados foram rejeitados.

Desta forma, foi identificada a média de usuários que acessam ao sistema integrado através dos terminais de integração nos dias úteis, sábados e domingos, sendo assim realizada a comparação dos valores obtidos na pesquisa de 2006, citada no item 4.4.

Nesta comparação não foram considerados os terminais Lagoa e Barra, tendo em vista que se encontravam desativados enquanto terminais de integração, quando foi realizado o levantamento em 2008.

### 3.6.15. Tipologia de Uso do Solo Urbano

O mapa de uso do solo urbano foi gerado através da integração do mapas de lotes urbanos fornecido pela Secretaria Municipal de Planejamento e da base de dados fornecida pela Secretaria Municipal de Fazenda, a qual identifica o tipo de uso de cada lote e possui um campo de informação em comum com o mapa de lotes.

O mapa de lotes urbanos foi gerado sobre fotografia aérea de 2001, de escala 1:2.000, utilizando-se ferramentas do software Arcview para digitalização. Cabe destacar que algumas áreas periféricas atualmente não possuem seus lotes contemplados neste mapeamento tendo em vista as rápidas transformações do uso do solo que tem se observado no município.

O banco de dados fornecido pela Secretaria Municipal de Fazenda contém a classificação primária do tipo de uso de determinado lote, contemplando as categorias *sem uso*, *industria*, *comércio*, *serviço* e *residência* em um total de 38.242 linhas de informação.

No entanto, foi observado que linhas de diferentes tipos de uso possuem o mesmo código geográfico, evidenciando que se trata de casos do mesmo lote com diferentes tipos de uso. Desta forma, tendo em vista que o processo de *join* do tipo *one to many* do software Transcad contempla somente campos quantitativos através de média, por exemplo, e que o mesmo não se aplica a campos qualitativos do tipo *uso do solo*, foi realizado processo de agregação das linhas para que não houvesse perda de informação.

O processo de agregação foi realizado utilizando-se Access, Excel e Transcad. A base de dados da Secretaria de Fazenda foi exportada como planilha para Excel,

recebendo tratamento para sua conversão em arquivo .dbf, para em seguida ser importada junto ao Transcad através de processo de *join*.

Os sucessivos *joins* agregaram as planilhas de uso do solo de acordo com o identificador em comum, sendo então estabelecidos valores numéricos correspondentes ao tipo de uso do solo para que estes fossem utilizados em uma nova coluna com a fórmula que classificou o lote com uso do tipo *misto*, nos casos em que houveram mais que uma ocorrência.

O mesmo processo com a utilização de fórmula em nova coluna foi utilizado para identificação e classificação de lotes *sem informação* ou *sem código identificador*, o que resultou no tratamento final em 8 (oito) classes de tipo de uso do solo.

Os tipos de uso do solo foram plotados em mapa através de método coroplético com e sem hachuras, utilizando-se cores que não conflitassem com os mapas de fluxos de demanda e de embarque e desembarque quando sobreposto, bem como se buscou cores semelhantes a imagem àquelas apresentadas pela imagem de satélite multiespectral no caso, por exemplo, de residências na cor vermelha simbolizando telhado de casas e cor verde para lotes sem uso, simbolizando área verde não construída.

Foram tratados 26.629 lotes com a metodologia acima, resultando em 8.767 lotes residências, 5.822 lotes sem uso, 731 lotes comerciais, 14 lotes de serviços, 19 lotes indústrias, 929 lotes de uso misto (produzido com base em lotes com mais de um tipo de uso), 9,763 lotes sem informação, 584 lotes sem geo-código (figura 20).

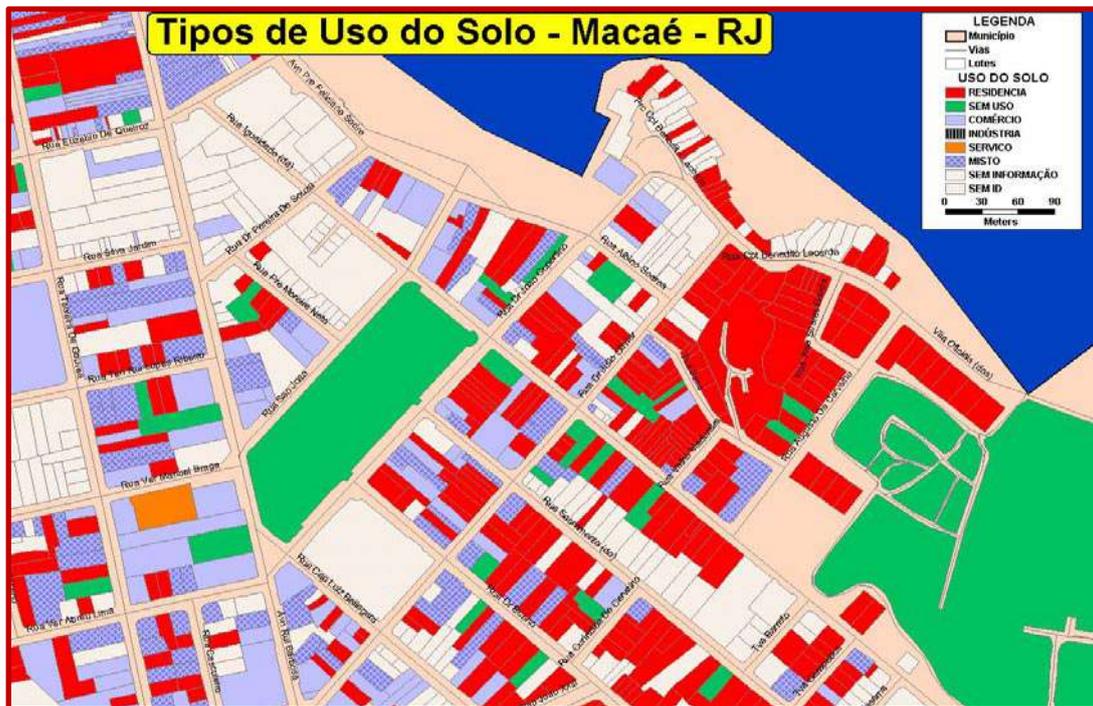


Figura 20 – Mapa parcial de tipos de uso do solo da cidade de Macaé - RJ

### 3.7. Método Proposto

Neste item serão apresentadas as variáveis e critérios de análise utilizados na metodologia proposta e em seguida, sua forma de aplicação sintetizada em diagramas do processo metodológico proposto.

A metodologia utiliza um Sistema de Informação Geográfica e 6 variáveis de análise para a identificação de áreas potenciais à otimização de itinerários, conforme abaixo:

1. **Volume de Passageiros por Ponto de Parada**
2. **IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)**
3. **IPK (Índice de Passageiros por Kilômetro)**
4. **Demanda Revelada por Linha**
5. **Perfil de Embarque/Desembarque por Linha**
6. **Caracterização da Área em Análise (geração/atração de viagens)**

O ***Volume de Passageiros por Ponto de Parada*** representa a soma dos valores totais de embarque e de desembarque de passageiros por ponto de parada no pico da manhã (volume total de passageiros).

O ***IPE (Índice de Passageiros por Extensão)*** se refere ao valor obtido com a divisão do nº de passageiros transportados por sentido no pico da manhã sobre a extensão da linha por sentido. Este índice foi utilizado em outros trabalhos com outras siglas ou de forma mais específica como no caso do IPEC (Índice de Passageiro por Extensão de Corredor) (AGERGS, 2007) e o IAP (Índice de Aproveitamento Padrão de Passageiros) (ANTP).

O IPE é utilizado nesta metodologia em função de sugerir elevada necessidade de realização de transbordo, se combinado com outras variáveis, mediante deslocamento em prováveis curtas distâncias. Desta forma, constitui-se em interessante indicador de análises que possam refletir em tomada de decisões para diminuição de transbordo e que resulte em saldo positivo para o sistema.

O ***IPK (Índice de Passageiros por Kilômetro)*** se refere ao valor resultante da divisão do número de passageiros transportados sobre a quilometragem total percorrida na linha. A quilometragem total percorrida na linha corresponde à extensão da linha multiplicada pelo nº de viagens realizadas.

A ***Demanda Revelada*** se refere à demanda de passageiros observada por linha e por sentido no pico da manhã.

O ***Perfil de Embarque/Desembarque por Linha*** se refere ao mapeamento dos volumes de embarque e desembarque nos pontos de parada de cada linha troncal e circular. Este é obtido pela plotagem de gráfico em barras verticais sobre os pontos de parada de cada linha. A figura xxx representa um exemplo deste tipo de mapeamento, realizado sobre linha troncal do Sistema Integrado da cidade de Macaé (figura 21).

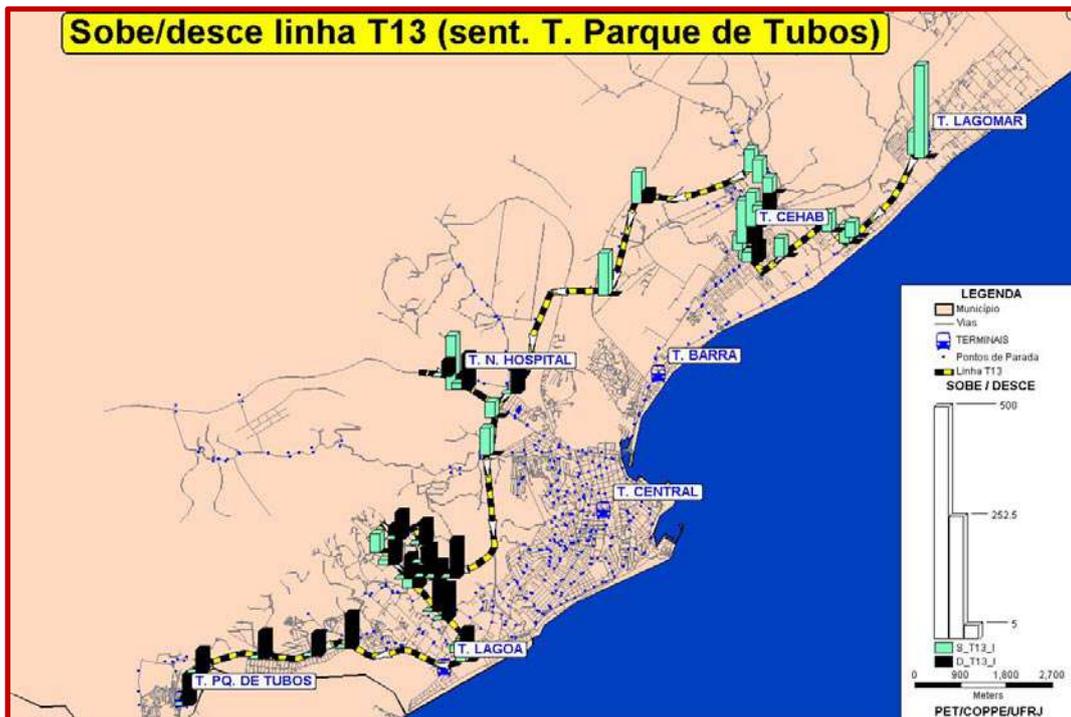


Figura 21 – Exemplo de mapeamento do perfil longitudinal de embarque e desembarque por ponto de parada de linha troncal da cidade de Macaé. Embarques expressos em barras verdes e desembarques expressos em barra pretas.

A **Caracterização da Área em Análise** é realizada com base na superposição dos mapas de uso do solo, pontos notáveis e distribuição de embarque e desembarque por ponto de parada, de forma a se classificar a área como área de geração ou de atração de viagens. Esta classificação é realizada com base na inspeção visual da predominância dos tipos de uso do solo, da ocorrência de possíveis pólos geradores de viagens e da predominância de embarques ou desembarques por ponto de parada na área em análise.

Nos casos em que a área em análise apresentar concentração de usos do solo dos tipos comerciais, industriais e serviços, pontos notáveis como empresas ou instituições de possível atração expressiva de usuários, escolas e grande concentração de pontos de desembarque ou valores expressivos de desembarque, a área será classificada como *área característica de atração de viagens* (figura 22).

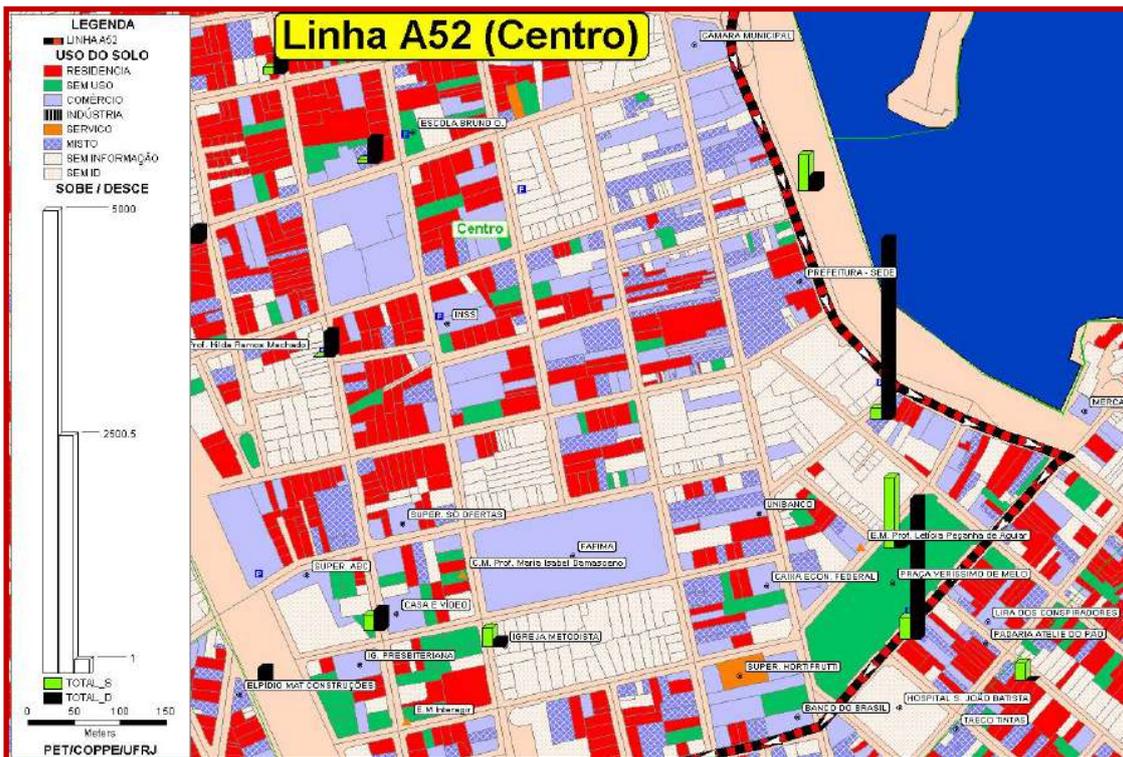


Figura 22 – Exemplo de caracterização de área através da sobreposição do mapa de uso do solo, mapa de volumes totais de embarque e desembarque por ponto de parada, mapa de pontos notáveis e mapa de escolas (Sistema Integrado da cidade de Macaé). Área caracterizada como área de atração de viagens no horário de pico da manhã.

Nos casos em que a área em análise apresentar concentração de usos do solo do tipo residencial ou sem uso, pontos notáveis com expressão provavelmente pouco expressiva de atração de usuários e concentração de pontos de embarque ou valores expressivos de embarque, a área é classificada como *área característica de geração de viagens* (figura 23).

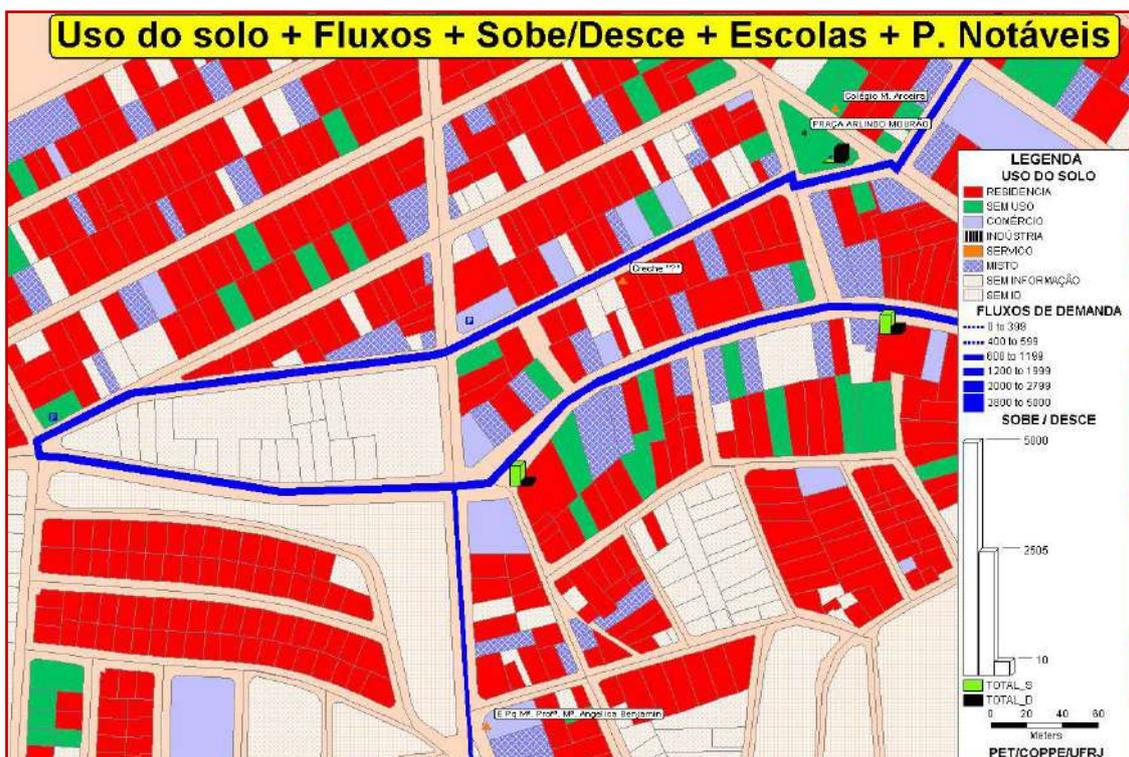


Figura 23 – Exemplo de caracterização de área através da sobreposição do mapa de uso do solo, mapa de volumes totais de embarque e desembarque por ponto de parada, mapa de pontos notáveis e mapa de escolas (Sistema Integrado da cidade de Macaé). Área caracterizada como área de geração de viagens no horário de pico da manhã.

A partir da disponibilização das 6 variáveis de análise apresentadas acima, segue-se para a etapa de aplicação da metodologia proposta. A aplicação deste método é composto de duas etapas, conforme abaixo:

- I. **Análise Preliminar**
- II. **Análise de Verificação**

A **Análise Preliminar** consiste na identificação dos bairros ou localidades que contém *linhas circulares ou alimentadoras de maior IPE* (Índice de Passageiro por Extensão da Linha) em contato com *pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros*.

As linhas circulares e alimentadoras do sistema são classificadas como de *maior, médio e menor IPE*, com base na classificação estatística de quantis, determinando-se 5 classes que contém igual nº de observações. Este número de classes é recomendado pela literatura que aponta que a classificação deve estar entre 4 e 6 classes no processo de determinação de classes (Dent, 1999).

As duas primeiras classes foram consideradas como de *menor IPE*, as duas seguintes como de *médio IPE* e a quinta classe como de *maior IPE*. A quinta classe é utilizada como parâmetro inicial na identificação das áreas de alto, médio e baixo potencial à otimização de itinerários, em função de sua importância inicial para o objetivo proposto e por se referir aos maiores valores da amostragem.

Para melhor detalhamento das análises é realizado o ranking de classificação das linhas circulares e alimentadoras por IPE.

Os pontos de parada por volume de passageiros são classificados em seis classes com igual nº de observações da amostragem, com base na classificação estatística de quantis.

A quantidade de seis classes é caracterizada pelo maior limite de classes recomendada pela literatura (Dent, 1999) e está baseada no fato de que no bojo da população de pontos de parada de um sistema de transporte, a classificação com seis classes comporta uma quantidade representativa de pontos de parada, identificando aqueles de maior valor e sem comprometer a densidade dos mapas gerados, além de minimizar o tempo de trabalho com um número menor de observações.

Para melhor detalhamento das análises é realizado ranking de classificação dos pontos de parada por volume total de embarque e desembarque de passageiros.

Este procedimento constitui a análise inicial da metodologia e está baseada na hipótese de que linhas que atualmente transportam elevado número de passageiros em curtas distâncias, seguidos de transbordo, representam elevado potencial para alteração de itinerário a fim de se reduzir a necessidade obrigatória de transbordo.

A ocorrência de *linhas circulares ou alimentadoras de maior IPE* em contato com *pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros* é considerada como forte indicativo para a ocorrência da hipótese apresentada acima (figura 24).



Figura 24 – Exemplo de **Análise Preliminar** do método proposto, com a identificação de locais onde há ocorrência linhas de maior IPE (linhas em cor vermelha) em contato com pontos de parada de maior volume (pontos em cor vermelha). Este exemplo aborda a utilização do software Transcad através da ferramenta *Select by Location*.

Identificado os locais (bairros ou localidades) desta ocorrência, segue-se para a etapa de **Análise de Verificação** que consiste nas seguintes verificações:

- 1 **Se a linha apresenta *IPK elevado***
- 2 **Se está classificada como de *maior, média ou menor demanda de passageiros*.**
- 3 **Se o perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugere *significativo transbordo* com a linha em análise.**
- 4 **Se a área apresenta *conflito de geração e atração de viagens*.**

De acordo com a satisfação das situações acima mencionadas, a área de atendimento da linha circular ou alimentadora (bairro ou localidade) é classificada como de *alto, médio ou baixo potencial* à otimização de itinerário. Antes de

apresentarmos os critérios para classificação destas áreas, serão apresentados os critérios para identificação dos itens da *Análise de Verificação*, como se segue.

As linhas circulares e alimentadoras são classificadas como de *IPK elevado, médio ou baixo*. O **IPK elevado** é considerado no caso de ser superior a 5,0, valor adotado com base no trabalho de Vasconcelos (1997) que aponta este como alto valor médio das cidades nacionais, destacando o caso de Curitiba. Os valores identificados entre 2,0 e 5,0 foram considerados de *IPK médio*, com base na média nacional das grandes cidades apontadas pelo último levantamento da ANTP (2009). Os valores abaixo de 2,0 foram considerados com de *baixo IPK* em função de estarem a baixo da média nacional.

As linhas circulares e alimentadoras são linhas classificadas em linhas de **maior, média e menor demanda**. A classificação sobre a demanda de passageiros é realizada com utilização do método *natural brakes* por inspeção visual sobre o gráfico em barras verticais da distribuição da demanda, conforme figura 25. Esta também pode ser utilizada de forma automática, dependendo da ferramenta disponível no software utilizado.

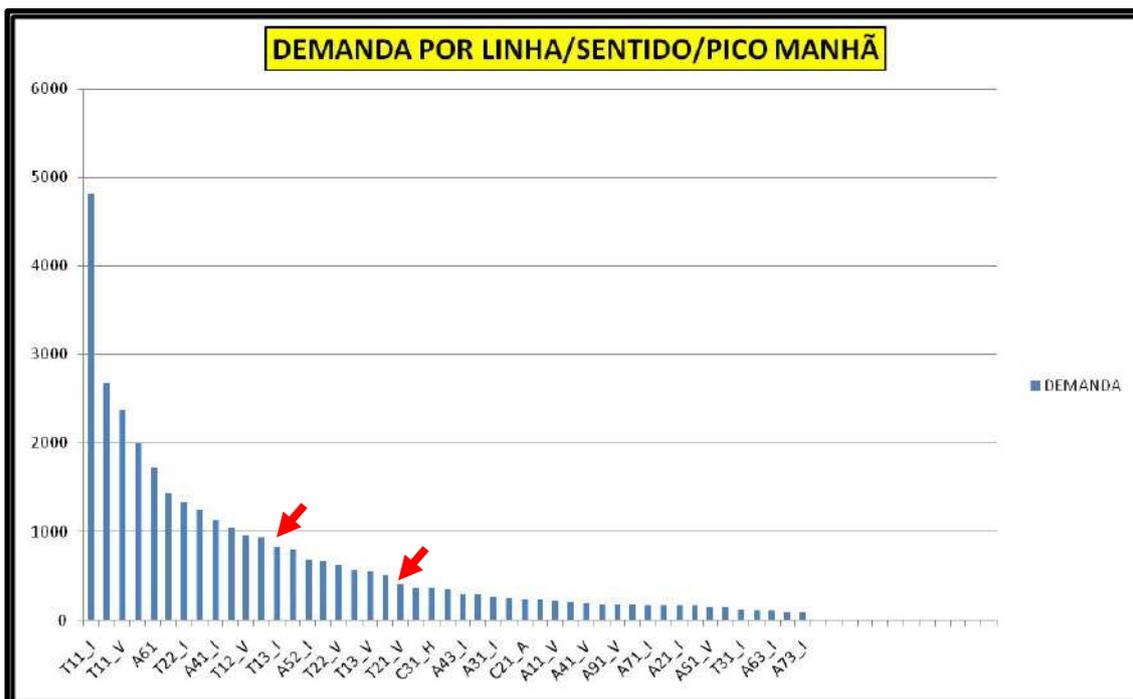


Figura 25 – Exemplo de gráfico em barras verticais da distribuição de demanda por linha e sentido no pico da manhã do Sistema Integrado da cidade de Macaé. Indicação de quebras naturais com uso de seta vermelha.

Desta forma, para o exemplo de Macaé, foi classificado como linhas de *maior demanda* aquelas que transportam acima de 1.000 passageiros no pico da manhã, de *média demanda* aquelas entre 500 e 1.000 passageiros e de *menor demanda* aquelas que transportam abaixo de 500 passageiros no pico da manhã.

Para melhor detalhamento das análises também é realizado o ranking de classificação por demanda de passageiros transportados por linha e sentido no pico da manhã.

A verificação **se o perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugere significativo transbordo com a linha em análise** é realizada através da plotagem em mapa da identificação da linha em análise e da plotagem do perfil de embarque e desembarque das linhas troncais e circulares que possuem conexão com a linha em análise.

Caso o volume de embarque e desembarque apresente um pico no ponto de conexão entre as duas linhas, as linhas são sugeridas como de transbordo significativo (figura 26).

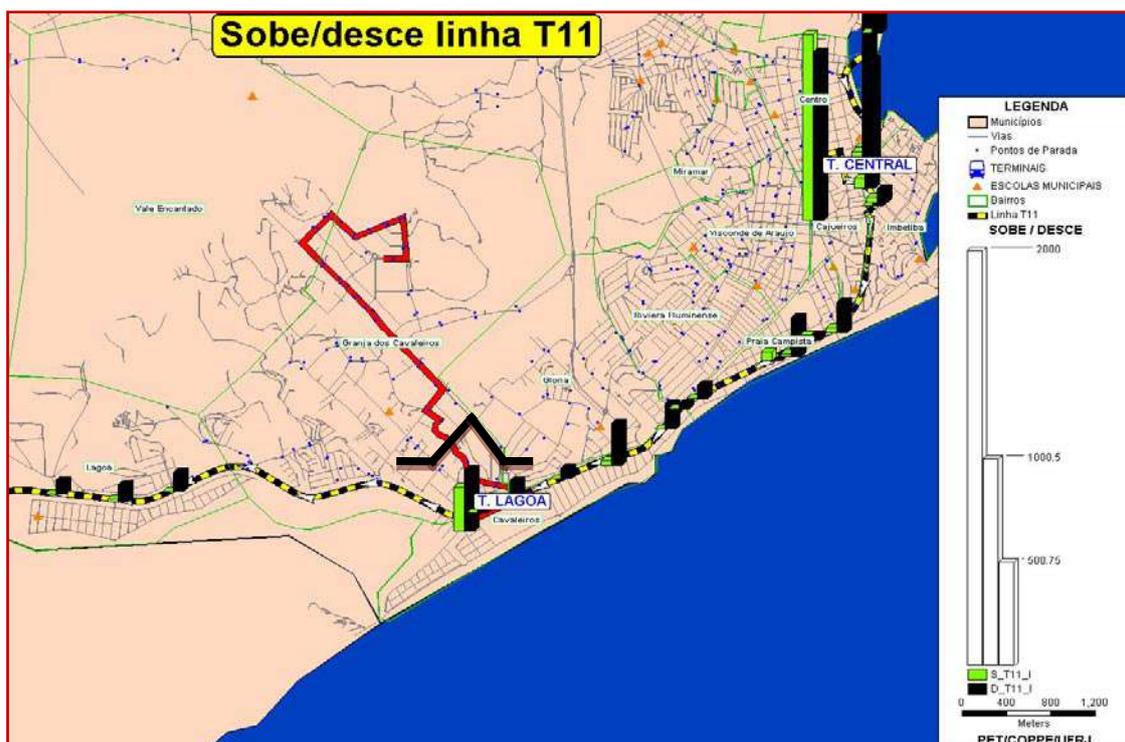


Figura 26 – Exemplo de averiguação de possibilidade de transbordo significativo entre linha alimentadora em análise (cor vermelha) e linha troncal, onde se pode observar a ocorrência de pico na distribuição longitudinal do embarque e desembarque da linha troncal.

A verificação se a **área apresenta conflito de geração e atração de viagens** é realizada através da caracterização da área em análise, como apresentado anteriormente neste item, sendo verificado se os bairros ou localidades atendidas pela linha em análise apresenta características opostas de geração e atração de viagens.

Este critério é adotado em função de que se a área em análise apresenta as duas características, esta apresenta fator de dúvida se a linha é utilizada predominantemente com ocorrência de transbordo ou se atende principalmente à geração e atração de viagens das áreas atendidas. Esta verificação é considerada na identificação de áreas de alto, médio e baixo potencial, como será exposto a seguir.

Caso a verificação dos itens acima apontem IPK elevado, linha em análise classificada como de maior demanda, perfil de sobe-desce das linhas em conexão sugerindo significativo transbordo e se a área não apresenta conflito de geração e atração de viagens, a área em análise é classificada como de **alto potencial à otimização de itinerários**.

Esta classificação é adotada tendo em vista que os critérios utilizados representam os valores mais expressivos do sistema de transporte em análise, representando forte indicativo de que uma quantidade expressiva de passageiros tenha que percorrer distâncias relativamente curtas em uma das linhas e necessariamente realizar transbordo.

Desta forma, são apresentadas as áreas prioritárias para levantamentos de apoio à tomada de decisão, que possam indicar a possível alteração de itinerários que resultem na redução da necessidade de transbordo.

Nos casos das áreas analisadas, em que um dos itens da etapa de verificação não esteja de acordo com a classificação de *alto potencial*, a área em análise é classificada como de **médio potencial à otimização de itinerários**.

Este critério é adotado, tendo em vista que nenhum indicador direto de transbordo é utilizado neste método, estando sua consistência representada pela ocorrência simultânea e em mesma área geográfica dos atributos considerados na *Análise de Verificação*. Sendo assim, adota-se um nível inferior de potencial (*médio potencial*), caso alguma das variáveis da *Análise de Verificação* não apresente os maiores valores do sistema, o que diminui significativamente a representatividade destas para o objetivo proposto.

No caso da linha em evidência estar classificada como de *baixa demanda* de passageiros, a área em análise é classificada como de **baixo potencial à otimização de itinerários**.

Este critério é adotado com base em que linhas circulares ou alimentadoras de baixa demanda dificilmente poderão justificar a alteração de itinerário de sua área de influencia, caso atue como única opção de transporte local.

As outras áreas atendidas por linhas circulares e alimentadoras que não foram contempladas como de *maior IPE* também são classificadas como de *baixo potencial à otimização de itinerários*, tendo em vista que a relação entre o nº de passageiros transportados e a extensão da linha dificilmente poderá justificar a alteração de itinerário sem comprometer outros indicadores operacionais.

As *áreas* identificadas com potencialidade à otimização de itinerários correspondem a bairros ou localidades atendidas por linhas circulares e alimentadoras do sistema integrado e que apresentam diferentes níveis de potenciais, conforme os aspectos definidos no método.

A identificação de *áreas* foi baseada no fato de que os locais com potencialidade à otimização de itinerários poderão ter linhas pré-existentes alteradas, linhas pré-existentes suspensas ou serem implantadas novas linhas. A adoção de *áreas* como objeto deste estudo também está relacionada ao fato de que a alteração de itinerários em um sistema integrado, poderá impactar outras linhas, refletindo na necessidade de rearranjo de outras linhas, geralmente no local onde houve a alteração.

Além destes fatores, a adoção de *áreas* também está relacionada a um dos objetivos específicos do trabalho que procura direcionar pesquisas para os locais prioritários, como por exemplo, pesquisas domiciliares de origem/destino, pesquisas de capacidade de vias, condições de tráfego, etc, as quais deverão ser realizadas na *área* geográfica envolvida.

A fim de sintetizar o método proposto, foram elaborados dois diagramas, funcional e expandido, conforme figuras 27 e 28 a seguir.

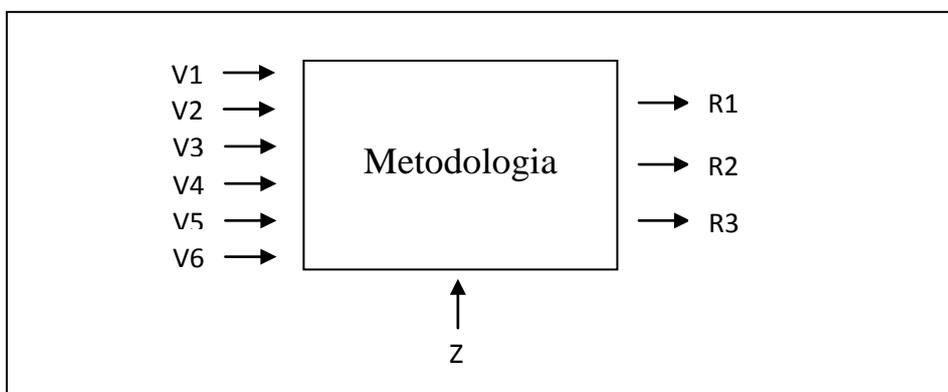


Figura 27 – Diagrama funcional do processo metodológico proposto

Onde:

- V1 - Volume de Passageiros por Ponto de Parada
- V2 - IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)
- V3 - IPK (Índice de Passageiros por Kilômetro)
- V4 - Demanda Revelada por Linha
- V5 - Perfil de Embarque/Desembarque por Linha
- V6 - Caracterização da Área em Análise (geração/atração de viagens)
- Z – Modelo de análise em plataforma SIG
- R1 – Área de Alto Potencial
- R2 – Área de Médio Potencial
- R3 – Área de Baixo Potencial

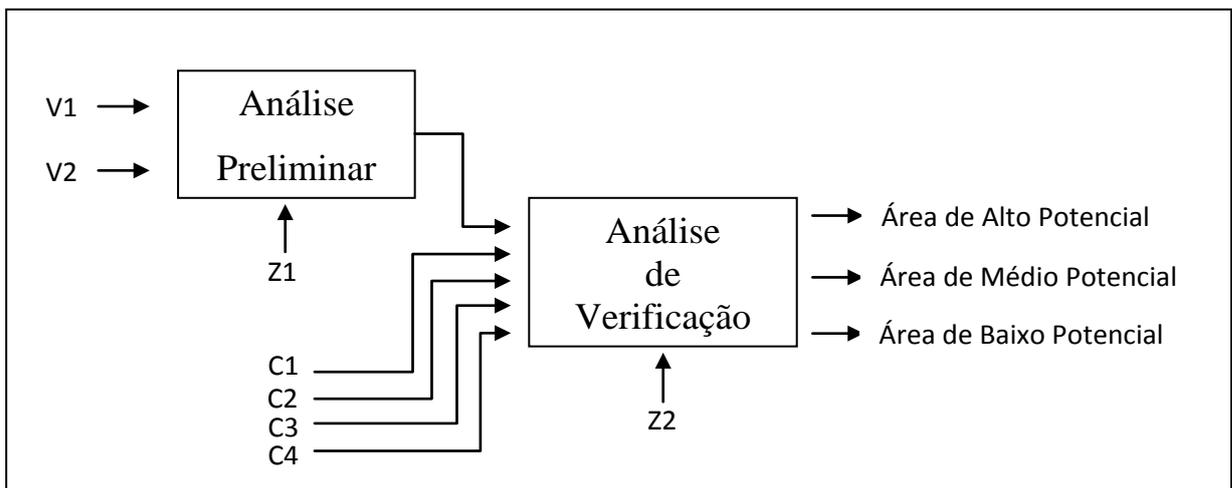


Figura 28 – Diagrama expandido do processo metodológico proposto

Onde:

- V1 – Mapa de Volume de Passageiros por Ponto de Parada
- V2 – Mapa de IPE (Índice de Passageiros por Extensão da Linha)
- Z1 – Aplicação de ferramenta de localização de atributos em conexão
- C1 – Mapa de Linhas com *IPK* no banco de dados
- C2 – Mapa de Linhas com *Demanda Revelada* no banco de dados
- C3 – Mapa de Perfil de Embarque/Desembarque por Linha
- C4 – Mapas de Uso do Solo, Pontos Notáveis, Escolas e Embarque e Desembarque por Ponto de Parada
- Z2 – Modelo de análise em plataforma SIG

## **4. Transportes na Cidade de Macaé – RJ**

### **4.1. Espaço Regional e Transportes em Macaé**

A cidade de Macaé tem sido palco de expressivas transformações sócio-econômicas ao longo de sua história, as quais têm trazido significativos impactos na infra-estrutura da cidade e em seu sistema de transportes.

Desta forma, este capítulo tem como objetivo realizar um breve levantamento histórico dos sistemas de transportes de Macaé, partindo do séc. XIX aos dias de hoje, mas passando também por ressalvas de tempos mais longínquos como, por exemplo, no caso dos transportes por navios piratas que já se utilizaram da morfologia e economia deste território.

Enfim, esperamos contribuir para um melhor entendimento dos processos que temos vivenciado ao longo do tempo no que diz respeito aos sistemas de transporte de Macaé e que, além de sempre permanecerem, de certa forma, incrustados nas formas e funções que a cidade exerce hoje, ainda poderá contribuir para novas alternativas e novos planejamentos futuros dentro de uma visão integrada de mobilidade urbana.

O município de Macaé está localizado na região denominada Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, a 200 Km. da capital e atualmente representa a principal base logística de apoio à extração e produção de petróleo e gás na Bacia de Campos (figura 29).

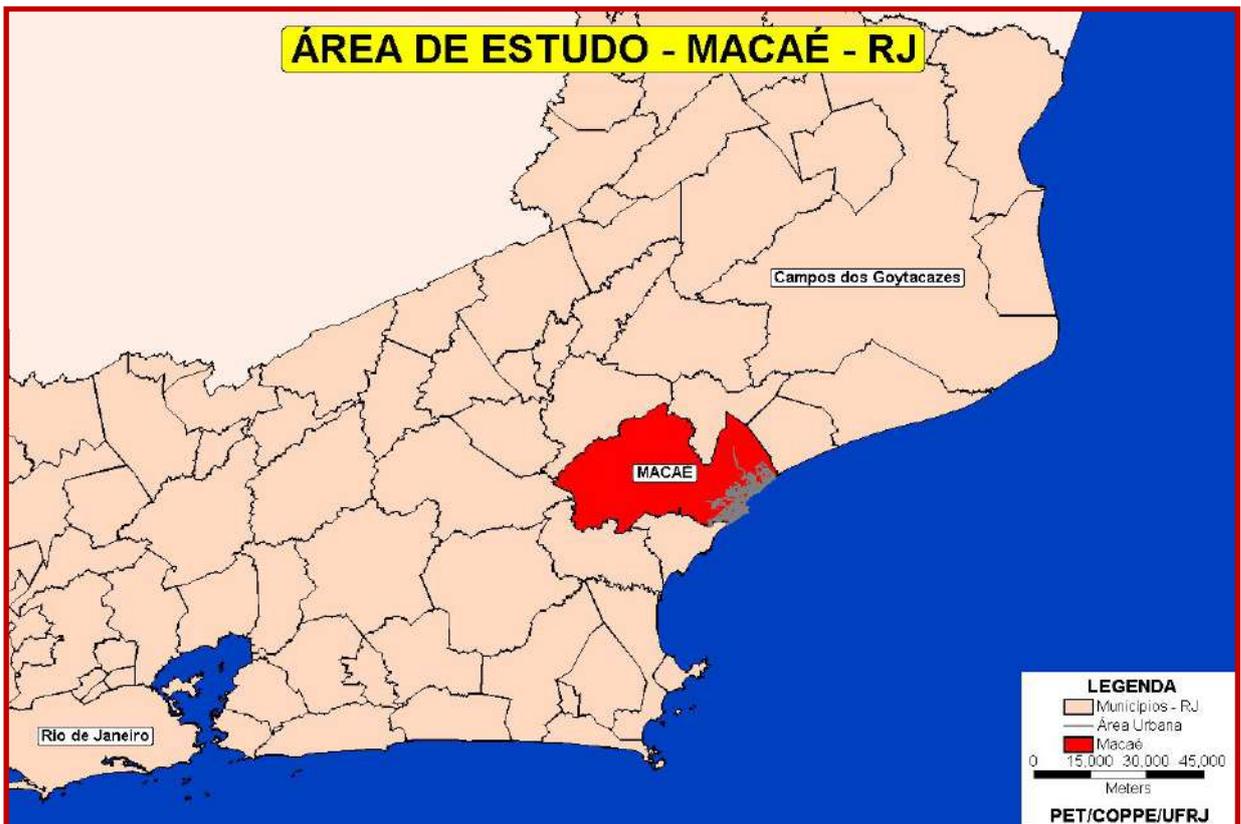


Figura 29 – Mapa de localização do município de Macaé no Estado do Rio de Janeiro.

O início da estruturação física da cidade nos remonta ao ano de 1836, quando o engenheiro Henrique Luiz de Niemeyer Belegarde foi convidado pela Câmara Municipal para demarcar a área urbana da então Vila de São João Batista de Macaé, bem como para realizar o planejamento do traçado de ruas<sup>1</sup>, a fim de se garantir o desenho ortogonal das vias (plano em grelha) e evitar o traçado desordenado (figura 30).

<sup>1</sup> JÚNIOR, D. et alli (1990) *Macaé Síntese Geo-histórica*



Figura 30 - Vista aérea da rua Conde de Araruama com Teixeira de Gouveia, no traçado ortogonal do primeiro plano urbano da cidade elaborado pelo engenheiro Luiz Belegarde.  
Foto: autor não identificado

Um dos primeiros registros relativos às questões de circulação no município já pode ser verificado na solicitação realizada na Câmara Municipal em 1837 quando o vereador Antônio José Lins da Silva solicita a coibição do empilhamento de madeiras em frente aos terrenos da “rua da Praia” até a beira rio, em função de estarem dificultando o trânsito local<sup>2</sup>.

Posteriormente, em 15 de abril de 1846 a Vila de Macaé passa a condição de Cidade com base no projeto urbano de ruas e praças de Luiz Belegarde, sendo que nesta época, a rede hidrográfica do município ainda representava as principais vias de transporte da economia municipal, baseada na produção agrícola e extrativista.

O município era considerado o maior produtor de cereais do Estado, com reconhecimento do Governo Central que aplicava importantes investimentos no município em função dos fluxos financeiros e de produtos que aqui circulavam<sup>3</sup>.

A navegação desempenhava importância estratégica para o desenvolvimento, de forma que em 1872 foi inaugurado o canal Macaé - Campos, o qual permitia a circulação de embarcações entre o Rio Macaé e o Rio Paraíba, através das conexões com as lagoas da região e a construção de segmentos artificiais (figura 31).

---

<sup>2</sup> PARADA, A (1995) *Histórias Curtas e Antigas de Macaé*

<sup>3</sup> BORGES, A. (2000) *História do Canal Macaé - Campos*



Figura 31 - Canal Macaé - Campos atualmente, no trecho em frente ao Terminal CEHAB, sentido Campos.  
Foto: Rafael Lucas

Conforme relatos, o canal Macaé - Campos foi construído para “resolver o problema de transporte do norte fluminense”, sendo a primeira viagem realizada com 11 passageiros e carga de gêneros alimentícios, percorrendo uma distância de 110 Km.

A construção do canal trouxe significativo impacto para o Porto de Imbetiba, o qual já atuava como principal destino das mercadorias do município e passou a receber novo aporte de mercadorias com origem e destino nas localidades entre Macaé e Campos, bem como Minas Gerais.

O porto de Imbetiba sempre foi o principal porto da cidade desde os primeiros relatos das atividades de circulação, principalmente em função da geomorfologia costeira local, que em forma de enseada protege as embarcações.

Este porto (figura 32) serviu de abrigo de navios piratas, destacou-se com o comércio de escravos e o escoamento da produção agrícola, chegando a ser o 6º porto do Império em volume de exportações e atualmente representa a principal base logística das atividades *off-shore* de extração e produção do petróleo nacional<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> 80% da produção nacional de petróleo é originária atualmente de poços localizados na Bacia de Campos, de forma que município de Macaé apresenta uma localização estratégica.



Figura 32 - Porto de Imbetiba atualmente, principal base logística de embarque e desembarque de suprimentos das plataformas de petróleo da Bacia de Campos - RJ.  
Foto: Rafael Lucas

A preocupação com a articulação do porto a outros modos de transporte e sua integração com a cidade nos remete à década de 1870, por exemplo, com a construção da ponte de embarque da Cia. Ferro Carril de Macaé, a fim de articular o transporte marítimo com o ferroviário, facilitando a movimentação de carga entre o porto e o município.

A ligação ferroviária do porto com ramais em território macaense foi utilizada até recentemente pela Petrobras no transporte de cargas e óleo diesel para as plataformas, sendo desativada em função das novas exigências logísticas de tempo de entrega e flexibilidade.

Apesar de alguns esforços realizados a fim de se otimizar a integração porto-cidade, a estrutura da cidade e a velocidade de crescimento dos fluxos de carga e da área construída em seu entorno, acabaram refletindo atualmente em seu sufocamento, se considerada a demanda atual de cargas e as condições de acessibilidade ao porto (figura 33).

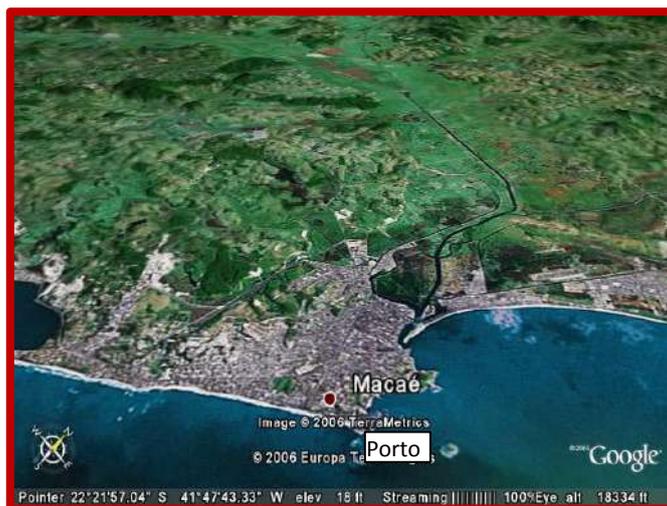


Figura 33 - Imagem de satélite evidenciando o porto de Imbetiba sufocado pelo crescimento da cidade. Fonte: Google Earth.

Algumas medidas como a construção do anel viário da cidade através da Linha Azul e Linha Verde, bem como a reforma urbanística realizada nos acessos ao porto foram fundamentais para a manutenção do suporte logístico às crescentes demandas de carga. Outros projetos tem sido desenvolvidos em parceria com a Petrobras a fim de se otimizar o tempo de circulação e os custos totais.

A estrada de ferro Macaé - Campos foi inaugurada em 1875 e em 1888 foi construído o prolongamento do ramal Cantagalo até o ramal que ligava Niterói a Macaé, permitindo desta forma a ligação ferroviária entre o Rio de Janeiro, Macaé e Campos (figura 34).



Figura 34 - *Estação da Parada*, atualmente localizada no final da Rua Euzébio de Queiroz com Av. Fábio Franco.  
Foto: Rafael Lucas

Além da ligação com o porto, o transporte através dos trilhos também ganhou destaque no âmbito municipal com a inauguração em 1872 dos bondes puxados a burros, realizando a ligação entre a base do Morro de Santana e o atual Forte Marechal Hermes, utilizando-se inicialmente a Av. Rui Barbosa e posteriormente a Av. Pres. Sodr  (‘‘Rua da Praia’’).

A demasiada autonomia com que operava a primeira empresa de bondes e as constantes reclama es levou o poder público   contrata o de nova empresa para operar a linha Aroeira-Imbetiba e em 1907 a Câmara Municipal tomou para si o encargo de organizar e gerir o serviço de bondes por traço animal.

A economia macaense passou por sucessivos ciclos de crescimento econômico que demandavam grande aporte de mão-de-obra e moviment o de carga, demandando uma necessidade constante de se promover nova infra-estrutura e novos sistemas de transporte.

A competitividade do modo ferroviário, com destaque para a empresa Leopoldina Railway, levaram   decadência do canal Macaé - Campos e do Porto de Imbetiba àquela época.

Com o crescente afluxo de passageiros e a dificuldade dos operadores em aplicar investimentos nos veículos e na infra-estrutura, o sistema de bondes puxados a burro, a pesar de seu carisma em fun o de sua tradi o na cidade, foi extinto em 1930 (figura 35).



Figura 35 - Bondes por traço animal em Macaé, operaram por cerca de 60 anos na cidade.

Foto: autor não identificado

A partir da década de 30 os bondes, carroças e charretes foram sendo substituídos por trens, ônibus, navios, caminhões, helicópteros, etc.

A maioria das infra-estruturas de transporte implantadas na cidade foi realizada com razoável horizonte de planejamento, mas a surpreendente velocidade de crescimento populacional e de circulação de cargas, bem como a dificuldade de se realizar uma constante reestruturação da cidade, dificultou a adoção de soluções no curto prazo.

A Estação de Trem inaugurada na periferia da cidade, hoje se encontra praticamente incorporada ao centro da cidade, com nove passagens de nível na área central e no seu entorno, o que sugere a necessidade de volumosos investimentos para que a circulação de trens na cidade não comprometa a circulação geral em função do tempo de bloqueio das interseções (figura 36).



Figura 36 - Passagem de nível na rua Silva Jardim, borda do centro da cidade com elevado fluxo de travessia de veículos e pedestres. Foto: Rafael Lucas

O campo de aviação na Barra foi substituído em 1957 pelo atual aeroporto de Macaé, na época, mais afastado das áreas construídas e chegou a ser considerado um aeroporto *completamente modernizado e com capacidade para aviões de grande porte* (Dácio, J. ET alli, 1990).

Atualmente o aeroporto se encontra com sua capacidade de expansão comprometida pelo avanço da urbanização no seu entorno, apesar da significativa demanda de cargas e passageiros com origem em outros países, mas que não conseguem acesso direto ao aeroporto em função de que a pista de pouso e decolagem não comporta as necessidades das atuais aeronaves de circulação internacional.

O aeroporto de Macaé (figura 37) possui hoje um dos maiores fluxos de helicóptero do mundo destinados às atividades off-shore, com aproximadamente 1.400 passageiros/dia e 160 decolagens/dia, para realização de percursos médios em torno de 1:15 h. de duração para acesso às plataformas<sup>5</sup>.



Figura 37 - Aeroporto de Macaé atualmente, um dos maiores do mundo em vôos de helicóptero para atividades off-shore.

Foto: Rafael Lucas

Em 1943 foi inaugurada a Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106), a qual realizou a ligação entre Niterói e Campos, com objetivos estratégicos de circulação intermunicipal e de acesso ao mar. Atualmente, o trecho da rodovia em território macaense encontra-se praticamente incorporado à cidade e constitui seu principal eixo viário, tendo em vista que a expansão da cidade se deu principalmente no seu entorno (figura 38).

---

<sup>5</sup> Informações disponibilizadas pelo atual superintendente da INFRAERO

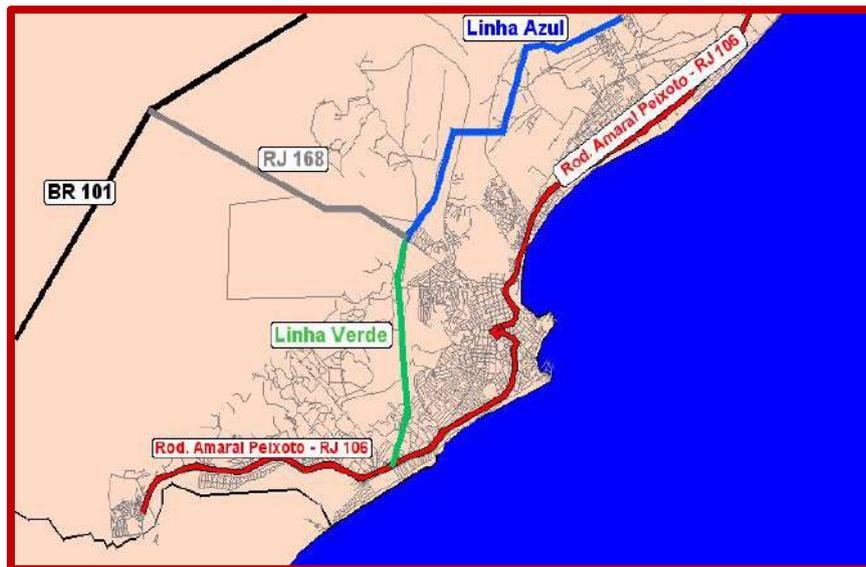


Figura 38 - Rodovia Amaral Peixoto em vermelho e no interior da malha urbana e outros eixos viários como Linha Verde, Linha Azul, RJ-168 e BR 101.

Elaboração: Rafael Lucas

A importância atual desta rodovia para a circulação no município pode ser observada, por exemplo, no expressivo fluxo de veículos provenientes de Rio das Ostras, no fluxo de carretas entre o pólo off-shore e o porto, bem como no significativo carregamento de passageiros observado nas atuais linhas de ônibus de função troncal e configuração diametral<sup>6</sup>.

A primeira linha de ônibus surgiu em 1930, passando por momentos de recessão e retornando nos anos 60 com a empresa operadora Gaturamo atuando na linha Aroeira X Imbetiba (figura 39).

<sup>6</sup> As Linhas Troncais atendem aos principais eixos de circulação e a configuração Diametral refere-se ao atendimento entre dois pontos, passando pela área central.



Figura 39 - Auto viação Gaturamo realizando embarque de passageiros na Rod. Amaral Peixoto em 1976.

Foto: autor não identificado

Neste período, o meio de transporte que também desempenhava importante papel na circulação do município foi a bicicleta, introduzida em Macaé pelo Sr. Fairbanks, quando importou um exemplar da Inglaterra no final do séc. XIX e foi grande sensação para os moradores da cidade, conforme relatos de Antonio Álvarez Parada<sup>7</sup>.

O transporte por bicicleta foi mencionado por diversos autores no fenômeno dos horários de saída dos operários da rede ferroviária e do SENAI, na Imbetiba, nos horários de 11:00 h. e 16:30 h., quando a Av. Agenor Caldas era completamente tomada pelas bicicletas de diversas formas e cores.

Os relatos apontam frota de 4.000 bicicletas na década de 50, uma bicicleta para cada 5 habitantes na década de 60 e 30.000 bicicletas nos anos 90.

Atualmente, apesar do expressivo crescimento da cidade e do aumento dos fluxos de grandes veículos nas ruas, a bicicleta ainda possui importante participação no transporte macaense e é apontada em diversas cidades de países desenvolvidos, como uma das principais alternativas de solução para o sistema de transporte das cidades<sup>8</sup> (figura 40).

---

<sup>7</sup> *Coisas e Gente de Macaé (1958)*

<sup>8</sup> *O atual prefeito de Londres realizou recentemente, a bordo de sua bicicleta, uma campanha pela utilização deste meio enquanto alternativa ao problema dos transportes e às questões ambientais e energéticas*



Figura 40 - Casal com dois filhos em bicicleta realizando conversão à esquerda em via de mão dupla (Rua Dr. Télió Barreto).

Foto: Rafael Lucas

Na década de 1960 o transporte ferroviário ainda participava com importante fluxo de passageiros intermunicipais, através de oito composições que atendiam ao município de Macaé, exceto aos domingos quando operavam com 4 composições.

Nos dias úteis, as composições originadas no Rio de Janeiro possuíam horário de chegada prevista para 12:45 h. e 19:20 h. e no caso de origem em Campos, possuíam previsão de chegada às 9:20 h. e 16:34 h. O trem noturno circulava diariamente com passagem prevista em Macaé às 04:00 h. no sentido Rio de Janeiro e às 1:10 h. no sentido Vitória. O trem expresso possuía previsão de chegada às 10:57 h. e 13:14 h., com origem, respectivamente no Rio de Janeiro e Campos.

Nos anos 70, um dos fatores que trouxeram grande impacto para o contexto urbano, com destaque para o sistema de transporte, foi a implantação da Petrobras em Macaé e o início das atividades de exploração de petróleo na Bacia de Campos (figura 41).

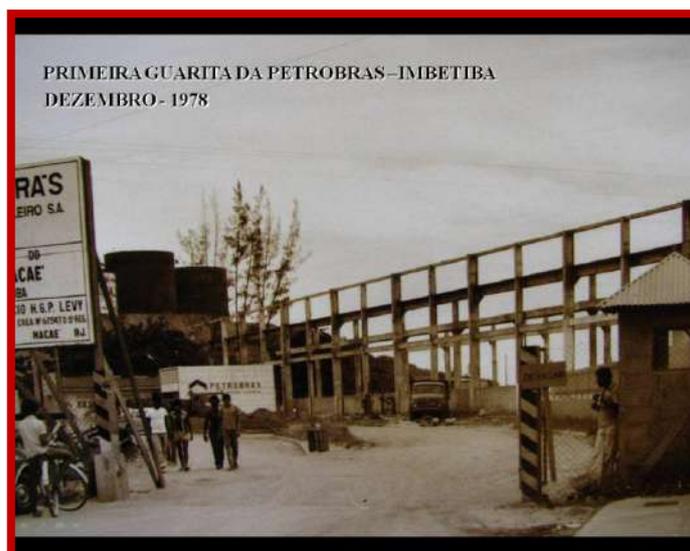


Figura 41 - Início da construção da Petrobras na Imbetiba, marco do início de transformações que mais impactaram o espaço urbano macaense e prossegue até os dias de hoje.

Foto: autor não identificado

Com as sucessivas descobertas de poços de petróleo na Bacia de Campos, a Petrobras teve uma expansão expressiva, contando atualmente com diversas unidades distribuídas por toda a cidade e com crescentes demandas de cargas, funcionários e um leque significativamente diversificado de empresas prestadoras de serviços que vão desde a provisão de alimentos para operários até operadoras de robôs submarinos.

A chegada da Petrobras na cidade marcou mais um início de uma série de transformações na cidade e a caracterizou como a principal base logística das atividades de exploração e produção de petróleo e gás da Bacia de Campos.

As dezenas de plataformas de petróleo da Bacia de Campos demandam produtos e serviços que se assemelham ao funcionamento de uma cidade, além das cargas de retorno e exigências de atendimento rápido que trazem significativos impactos no sistema de circulação urbana que apresenta um fluxo estimado de 700 carretas/dia (figura 42).



Figura 42 - Estrutura metálica excedente no transporte realizado por carreta, os semáforos tiveram que ser levantados e a ponte Ivan Múndin ficou bloqueada para a passagem do material. Estima-se atualmente um fluxo de 700 carretas/dia em Macaé.

Foto: Rafael Lucas

De acordo com dados de Júnior, D. et alli (1990), em 1989 a Petrobras já contava com cerca de 2.279 funcionários, além das cerca de 100 empresas prestadoras de serviços que possuíam um total em torno de 14.000 funcionários.

Conforme dados do SINDIPETRO, a cidade conta atualmente com mais de 250 empresas diretas e indiretamente ligadas ao setor petróleo, cabendo destacar que os municípios no entorno da cidade também têm promovido políticas de atração de empresas ligadas ao setor petróleo e que se instalam em outros municípios, mas circulam suas cargas em Macaé.

A Zona Especial de Negócios de Rio das Ostras (ZEN), por exemplo, foi implantada com o objetivo de atrair empresas e se encontra estrategicamente localizada junto ao limite com o município de Macaé (Melo, , evidenciando a atuação operacional destas empresas e seus impactos predominantemente em Macaé (figura 43).



Figura 43 - Vista aérea do loteamento da Zona Especial de Negócios localizada estrategicamente no limite com o município de Macaé, onde se pode observar o Parque de Tubos da Petrobras e a Lagoa de Imboassica à esquerda do loteamento.

Fonte: ZEN-RO

A ZEN de Rio das deverá ter seu tamanho duplicado para abrigar novas outras empresas, além da Zona Especial de Negócios de Quissamã, que também foi recentemente criada com o mesmo objetivo, configurando-se casos que apesar de não participarem diretamente da economia e impostos da cidade, trazem expressivos impactos na infra-estrutura e no sistema de circulação de Macaé.

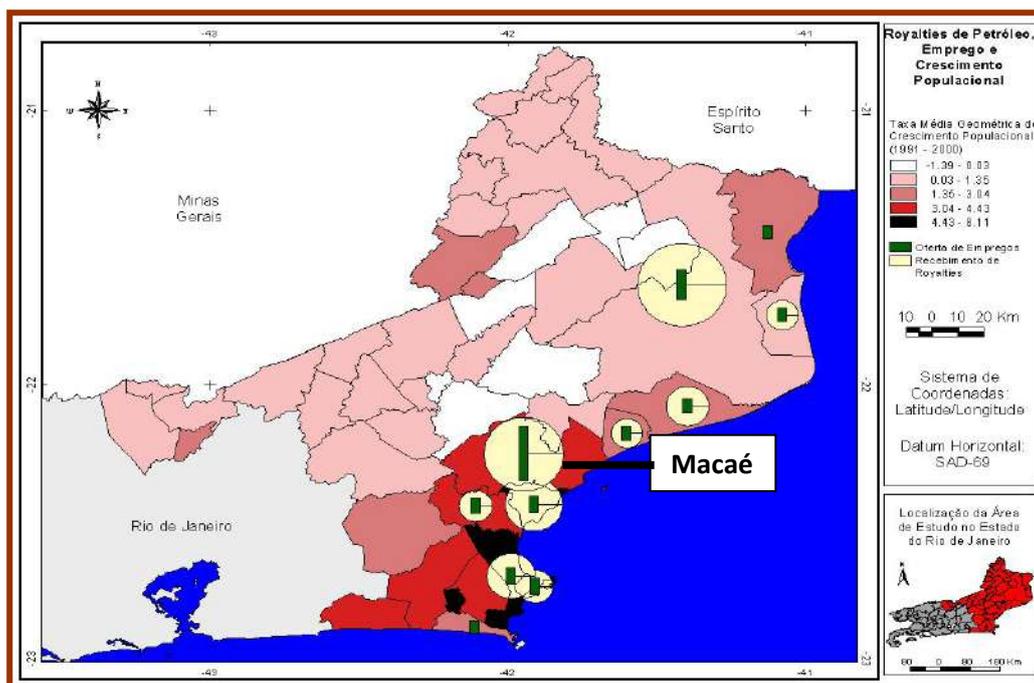


Figura 44 - Mapa de crescimento populacional da região norte fluminense, recebimento de Royalties e oferta de empregos nos dois últimos censos. Fonte: IBGE, ANP e RAIS. Elaboração: o autor.

O mapa acima (figura 44) expressa as significativas transformações sócio-econômicas que vem ocorrendo na região norte-fluminense do Estado do Rio de Janeiro, com destaque para o município de Macaé, com expressivo dinamismo na economia, expresso na elevada oferta de empregos – gráfico em barra na cor verde e no recebimento de *Royalties* – círculo amarelo.

Este dinamismo, entre outros fatores, têm contribuído para a forte atração populacional que a cidade exerce na região, expressa no elevado crescimento populacional da cidade – município em cor preta, que corresponde à uma das maiores taxas médias de crescimento demográfico da região, com população estimada pelo IBGE de 169.513 habitantes em 2007 e estimativa atual de 188.787 hab.<sup>9</sup>

A forte atração populacional de Macaé também pode ser observada em função do decréscimo populacional verificados em outros municípios (municípios em cor branca) e que sugerem significativo movimento migratório para Macaé. Além do expressivo crescimento demográfico desta cidade, a população flutuante também se destaca nas demandas por transporte, com destaque para o município de Rio das Ostras, considerado atualmente cidade dormitório e que contribui significativamente nos fluxos de veículos e de transporte coletivo em Macaé.

<sup>9</sup>Se confirmada esta projeção, o município terá um crescimento de 11,4 % entre 2007 e 2008, considerada umas das maiores taxas de crescimento do Brasil

Em 2002 o sistema de transporte coletivo municipal era caracterizado por 52 linhas distribuídas de forma praticamente aleatória sobre a cidade, o que exigia um elevado número de veículos ônibus nas vias, os quais carregavam uma quantidade relativamente pequena de passageiros se considerada a capacidade de veículos em circulação<sup>10</sup>.

A fim de se reordenar o sistema de transportes da cidade e garantir a tarifa única em todo município, no ano de 2006 foi implantado o Sistema Integrado de Transportes com integração física e tarifária. O projeto foi composto de 7 Terminais de integração, 38 linhas e renovação da frota com implantação de veículos com ar condicionado e veículos de 3 portas. A caracterização do sistema integrado será melhor detalhado no próximo item, assim como nos itens que se sucedem com análises específicas sobre o sistema.

Tendo em vista o crescimento vertiginoso da demanda por transporte que a cidade tem vivenciado ao longo de sua história, com destaque para os últimos cinco anos, os quais surpreendem quaisquer precedentes em sua história, o poder público local, através de seu órgão gestor de trânsito e transportes, tem provido ações nas mais diversificadas áreas de atuação do planejamento e gestão em sistemas de transporte.

Além das formas clássicas de atuação em sistemas de transporte baseados na implantação de infra-estruturas, métodos de operação e fiscalização, as novas ações afirmativas se destacam na utilização de novas tecnologias, tendo em vista o nível de complexidade do atual sistema de circulação do município, bem como da escassez de alternativas viáveis baseadas no aporte de infra-estrutura.

Destaca-se a implantação de Sistema de Informação Geográfica a fim de se otimizar o cadastro de informações operacionais, bem como a realização de análises e simulações sobre o sistema de transporte, o que tem contribuído para adoção de novas alternativas.

O Sistema de Bilhetagem Eletrônica foi implantado com a utilização do Macaé - Card, o qual tem permitido maior comodidade ao usuário em função de se evitar filas no terminal, além dos ganhos de velocidade no embarque e nas condições de segurança por menor quantidade de dinheiro em circulação.

Outra tecnologia utilizada atualmente no Sistema Integrado de Transportes é o monitoramento de frota por GPS, o qual tem permitido a identificação da localização exata dos ônibus, bem como otimizado o processo de fiscalização e controle do cumprimento de horários e número de veículos em operação.

---

<sup>10</sup> Em 2002 a frota total era composta de 94 veículos ônibus e demanda de 70.000 pass./dia com ligações diretas do tipo "ponta a ponta".

Além do monitoramento de frota, atualmente encontra-se em fase de implantação o sistema de Controle de Tráfego por Área, o qual permitirá maior fluidez do trânsito de forma geral, baseado em um sistema automatizado que reconhece o carregamento de veículos sobre as vias e atua com maior tempo de sinal verde nas vias prioritárias.

Desta forma, espera-se uma melhoria de todo o sistema de circulação inicialmente na área central urbana da cidade, sistema que poderá adicionar posteriormente a tecnologia de prioridade semaforica para a passagem de ônibus, trazendo benefícios ainda maiores para o sistema de transporte coletivo.

Outros modos de transporte possuem atualmente significativa participação no sistema de transportes da cidade, com destaque para o transporte por táxi, transporte escolar e transporte por fretamento.

O transporte por táxi, que ainda em 2006 operava com sistema de cobrança por tabela de origem-destino, sofreu diversas modificações até os dias de hoje, com a implantação do sistema de cobranças por taxímetro aferido pelo Inmetro, a padronização visual dos veículos com divulgação de telefone para reclamações e a realização anual de vistoria dos veículos e de motoristas.

Encontra-se em andamento a implantação do “selo taxista”, iniciativa que pretende incentivar a melhoria dos serviços de táxi mediante a aquisição no veículo táxi, do selo ouro, prata ou bronze, que será concedido com base em critérios de multas recebidas pelo motorista, envolvimento em acidentes de trânsito, condições de segurança e documentação do veículo e do motorista para os atuais 107 veículos cadastrados.

A frota de transporte escolar cadastrada até o momento deste ano apresenta 117 veículos, devendo ser atualizado a cada ano no início do período colegial.

O transporte por fretamento tem apresentado participação significativa na cidade, com aumento de frota de 277 veículos ônibus em 2007 para 352 veículos em 2008 (acréscimo de 75 veículos em um ano), para atendimento às empresas que se instalaram no município e atualmente solicitam locais exclusivos para embarque e desembarque, configurando-se novas demandas por estacionamento na cidade.

A oferta de vagas na área central constitui-se atualmente de 1.540 vagas, as quais já se encontram saturadas em função da demanda de 30.000 veículos que circulam diariamente em Macaé e refletem elevados índices de estacionamento irregular e sugere a implantação de edifícios garagens.

Outro fator que tem se destacado em função do aumento das demandas por transporte na cidade é o índice de acidentes de trânsito. Em 1918 foi registrado o que se considera como o primeiro acidente fatal de trânsito na cidade, com o falecimento

de uma senhora de 80 anos por atropelamento na Av. Rui Barbosa, próximo à atual Praça Washington Luís.

Atualmente as estatísticas de acidente da cidade apresentam números crescentes com 304 acidentes leves em 2007 e 395 em 2008, bem como aumento dos acidentes fatais de 11 para 12 ocorrências neste período. Com o objetivo de atuar na melhoria dos índices de acidentes, a cidade está participando do programa internacional de prevenção de acidentes de trânsito – GRSP – Global Road Safety Partnership, mediante controles estatísticos, sistemas de informação, cumprimento de metas de número de acidentes, campanhas de segurança, ampliação da sinalização e aumento da fiscalização.

Enfim, foi possível observar nesta breve história dos sistemas de transporte do município, que este território tem sido alvo de diversas forças sociais e econômicas que exigiram e ainda exigem com rigor cada vez maior, que a estrutura da cidade e seus métodos de operação sejam constantemente revistos a fim de melhor prover sua mobilidade.

Atualmente se inicia na cidade uma das medidas mais inovadoras do país na utilização de sistemas inteligentes de transporte, através do Controle de Tráfego por Área e da implantação de Sistema de Informação Geográfica, que otimizarão o tempo de circulação através do controle automatizado dos semáforos e permitirão melhor aporte de informação e análises do sistema de transporte.

#### 4.2. O Sistema Integrado de Transportes de Macaé

A fim de se reordenar o sistema de transportes da cidade e garantir a tarifa única em todo município, no ano de 2006 foi implantado o Sistema Integrado de Transportes com integração física e tarifária. O projeto foi composto de 7 Terminais de integração (figuras 45 e 46), 38 linhas e renovação da frota com implantação de veículos com ar condicionado e veículos de 3 portas. A caracterização do sistema integrado será melhor detalhado no próximo item.

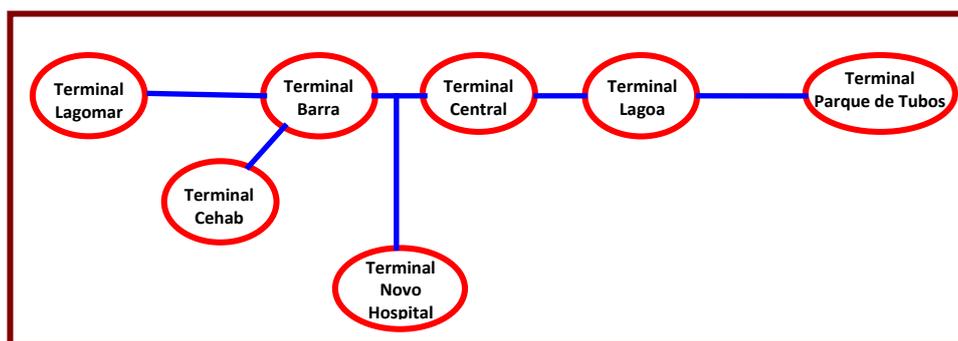


Figura 45 - Croquí de posicionamento dos Terminais do Sistema Integrado de Transportes.



Figura 46 - Entrada de passageiros do Terminal Central.  
Foto: Cleide Louback

A demanda total de usuários do transporte coletivo em Macaé foi identificada através de levantamento de campo realizado em 2006 e atualizado com base em taxas de crescimento de 3,6% entre 2006 e 2007, seguido de 6% entre 2007 e 2008, o que corresponde atualmente a uma demanda de 91.314 passageiros por sentido/dia útil escolar, sendo 37,37% com realização de transbordo, resultando em um transporte real de 125.438 passageiros.

## 5. Resultados

### 5.1. Considerações Gerais

Após a aplicação do método proposto junto à cidade de Macaé-RJ, os resultados das Análises Preliminares e de Verificação apresentaram 3 casos de *Áreas de Alto Potencial* à otimização de itinerários, 3 casos de *Áreas de Médio Potencial* e os demais bairros e localidades da área urbana da cidade como *Áreas de Baixo Potencial*, conforme figura 47.



Figura 47 – Mapa geral resultante da aplicação do método proposto ao caso da cidade de Macaé – RJ, evidenciando áreas de alto, médio e baixo potencial à otimização de itinerários nas cores vermelha, amarela e verde, respectivamente.

Estes casos serão detalhados a seguir, analisando-se cada caso, partindo-se de uma análise geral para análises mais específicas, conforme os critérios da metodologia anteriormente expostos.

## 5.2. Áreas de Alto Potencial

### 5.2.1. O caso da Granja dos Cavaleiros

Este bairro foi identificado na *Análise Preliminar* em função da linha alimentadora A 11 – Terminal Lagoa x Novo Cavaleiros que apresentou um dos maiores índices de IPE em conexão a pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros como no caso dos pontos de ID 806, 392 e 382 (figura 48).

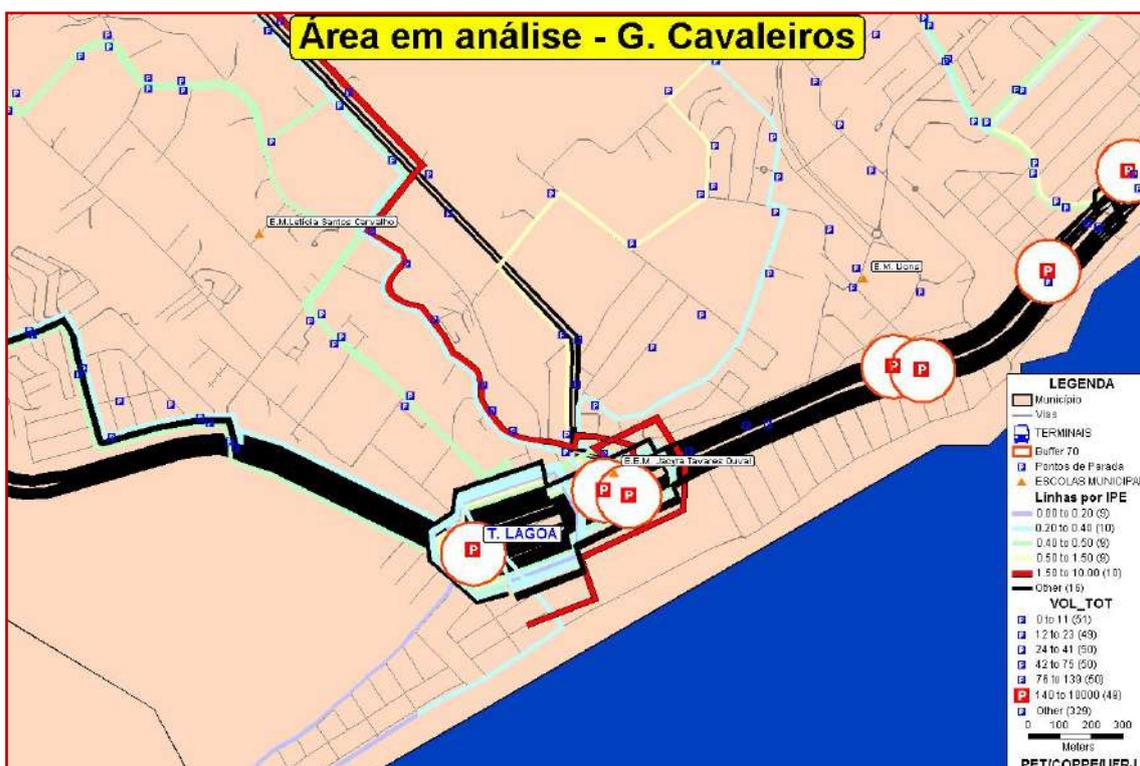


Figura 48 – Mapa de área em análise inicial no bairro Granja dos Cavaleiros, local de registro de sobreposição de linha alimentadora de maior IPE e pontos de maior volume de passageiros.

O ponto de ID 806 corresponde ao Terminal Lagoa e à sexta colocação no ranking de embarque de passageiros por ponto de parada da cidade com 776 embarques no pico da manhã. O ponto 392 aparece na vigésima quinta colocação com 144 embarques e o ponto 382 com 57 embarques. Os valores de desembarque correspondem, respectivamente, à sexta classificação em desembarque por ponto de parada com 856 desembarques, à 12ª posição com 254 desembarque e 91 desembarques no caso do ponto 392. Estes três pontos estão localizados praticamente no entorno do Terminal Lagoa (ponto 806) como se pode observar na

figura 49 a seguir, o qual sugeriu forte relação com a utilização da linha alimentadora em análise e significativo destino de passageiros no bairro Granja dos Cavaleiros.

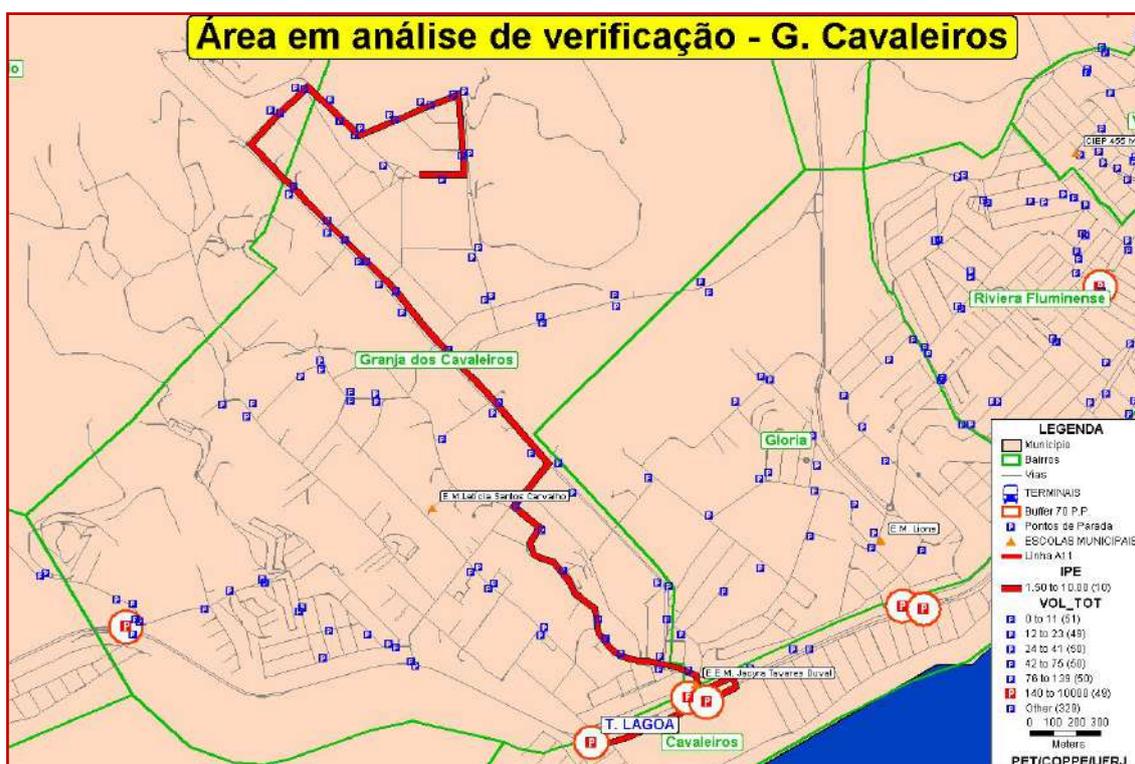


Figura 49 – Mapa de área em análise com linha em evidência na etapa preliminar, bairro Granja dos Cavaleiros.

O IPE da linha alimentadora apresentado foi de 3,36 e corresponde à 3ª linha de maior valor na relação entre passageiros transportados por extensão da linha, sendo 1994 passageiros transportados em uma distância máxima de 6 km ao longo de 2 horas e trinta minutos do pico da manhã, o que também contribuiu como forte indicativo de um elevado volume de transbordo no Terminal Lagoa com transferência para esta linha no pico da manhã.

Esta linha apresentou a quarta demanda do sistema no pico da manhã, no sentido do bairro Granja dos Cavaleiros, com 1994 passageiros, o que chegou a superar até mesmo diversas linhas troncais como a T12, T22, T51, T21 e T31.

No ranking de IPK a linha A11 apresentou quinta colocação com índice de 8,82, o que é considerado um valor bastante elevado se considerado a média nacional de 2,0 como parâmetro (ANTP, 2008) ou os maiores valores médios urbanos nacionais em torno de 5,0, como no caso do sistema integrado de Curitiba (VASCONCELLOS, 1997).

Na análise de caracterização da geração e atração de viagens da área identificada foi possível observar que a adjacência do local é atendida pelas linhas de

maior fluxo de passageiros da cidade como no caso das linhas T11 e T41 que apresentam respectivamente a primeira e segunda maior demanda de passageiros do sistema, entre outras linhas, conforme se pode observar na (figura 50) a seguir que aborda o fluxo de passageiros nas linhas do sistema.

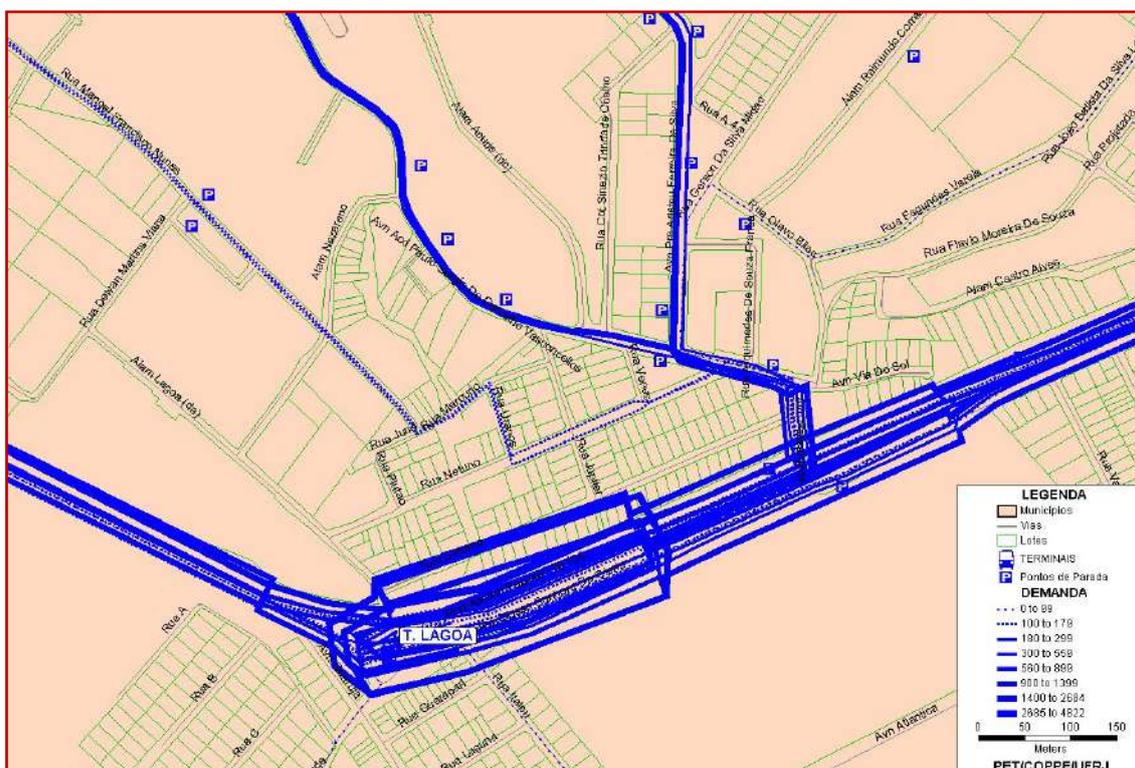


Figura 50 – Mapa de fluxos de demanda no entorno do Terminal Lagoa

Observando os mapas de sobe-desce do horário de pico da manhã ao longo das linhas troncais T11 e T41 (figuras 51 e 52) foi possível identificar que o Terminal Lagoa também apresentava participação significativa nos desembarques destas linhas. A mesma situação também pôde ser observada no mapa de sobe-desce da linha troncal T13 (figura 53), onde o bairro Granja dos Cavaleiros apresentou expressiva concentração de desembarque, evidenciando a área como pólo de atração de passageiros. Cabe destacar que as 3 linhas troncais citadas anteriormente correspondem à linhas diametrais, realizando ligações ao longo da malha urbana e em pontos opostos ao centro da cidade, o que reforça a condição desta área como pólo de atração de passageiros.

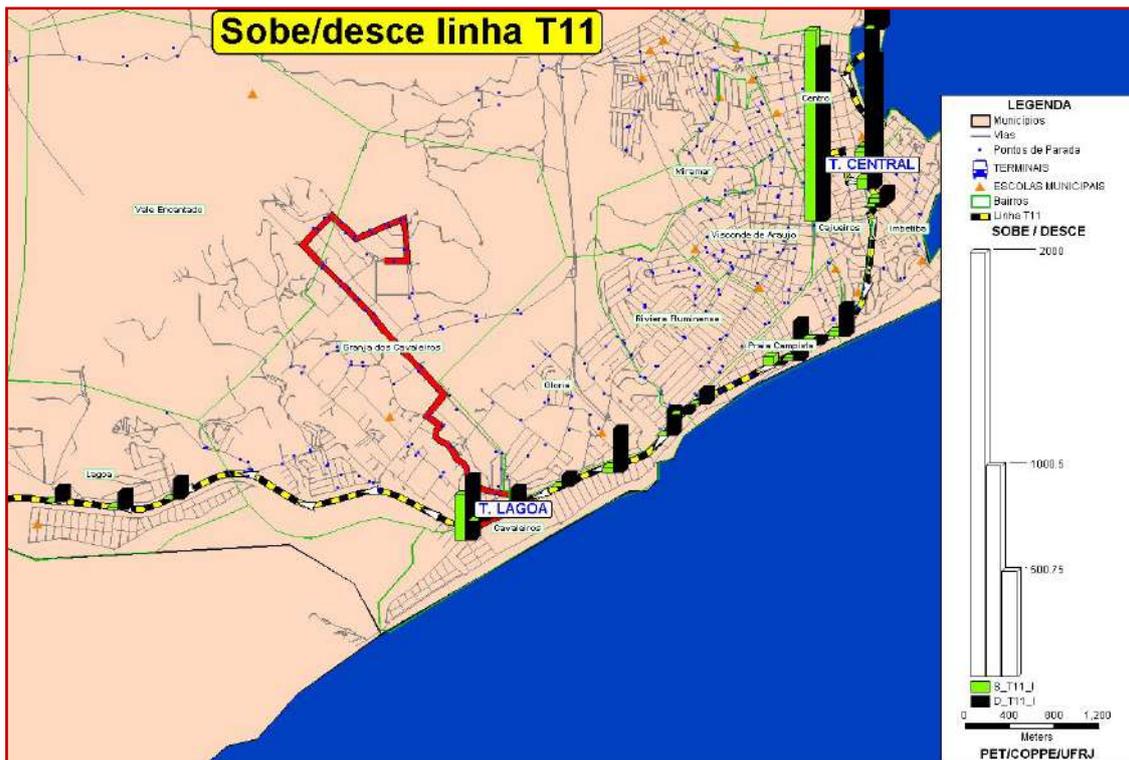


Figura 51 – Mapa da área Granja dos Cavaleiros em análise de verificação, com pico de sobe e desce da linha T11 no Terminal Lagoa, sentido Terminal Parque de Tubos no horário de pico da manhã e linha A11 em evidência (cor vermelha).

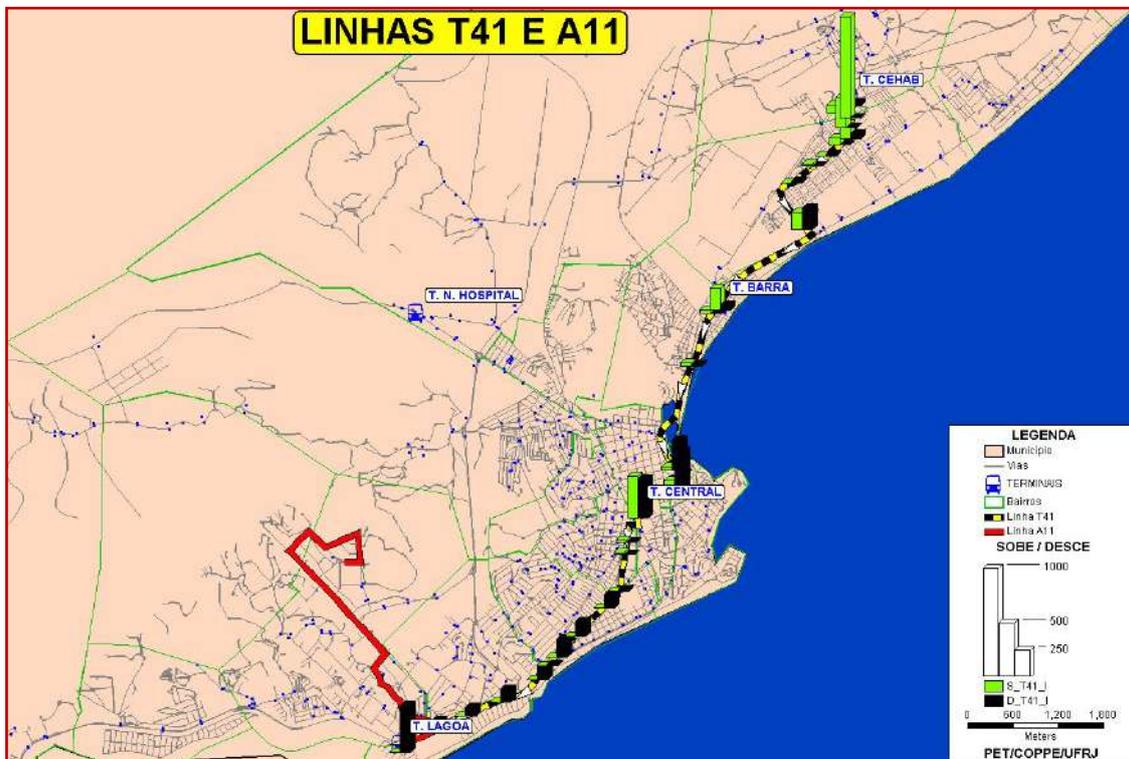


Figura 52 – Mapa da área Granja dos Cavaleiros em análise de verificação com pico de sobe e desce da linha T41 no Terminal Lagoa, no horário de pico da manhã, sentido Lagoa e linha A11 em evidência (cor vermelha).



Figura 53 – Mapa de sobe e desce da linha T13 sentido Terminal Lagomar no horário de pico da manhã, evidenciando aglomeração de desembarque de passageiros (gráfico em barras de cor preta) na área em análise de verificação Granja dos Cavaleiros.

O mapa de uso do solo e pontos notáveis da área em análise não apresentou concentração significativa de lotes de uso industrial, comercial, serviços ou misto, enquanto área de atração de passageiros, predominando os lotes do tipo *sem uso* ou *sem informação*, devendo estar relacionado à desatualização desta base. No entanto, na base de pontos notáveis (*figura 54*) foi possível observar a predominância de empresas, principalmente ao longo das vias principais da Granja dos Cavaleiros, além de 01 faculdade, 01 complexo universitário e 01 shopping, que representam significativos motivos de atração de viagens.





Figura 55 – imagem de satélite com o Terminal Lagoa no canto esquerdo inferior evidenciando impedâncias no acesso com dois ônibus aguardado Headway satisfatório para realização de interseção na Rod. Amaral Peixoto e acesso ao terminal.

Fonte: Google Earth

Outros aspectos como largura da via, sinuosidade, etc, foram avaliados em campo pelo órgão gestor de transportes e empresas operadoras a fim de se avaliar a possível alteração de itinerário da linha A11, os quais optaram por realizar a fusão da linha troncal T41 – Terminal CEHAB x Terminal Lagoa com a linha alimentadora A11 – Terminal Lagoa x Granja dos Cavaleiros. A experimentação se demonstrou bem sucedida e atualmente a linha T41 – Terminal CEHAB x Granja dos Cavaleiros permite a ligação direta entre diversos pontos de parada que apresentam os maiores valores de embarque do município e uma área que apresenta expressiva concentração de desembarque de passageiros no horário de pico da manhã.

O sucesso da otimização de itinerário entre a Granja dos Cavaleiros e outras áreas da cidade de significativa geração/atração de viagens através da fusão troncal-alimentadora, motivou o órgão gestor de transportes e empresas operadoras a alterarem o itinerário das outras duas linhas alimentadoras que também atendiam ao bairro. A linha A21 – Vila Moreira x Terminal Lagoa foi fundida com a linha troncal T41 – Terminal CEHAB x Terminal Lagoa em determinados horários e a linha A31 – Glória x Terminal Lagoa foi substituída por linha circular com atendimento direto ao Terminal Central.

Desta forma, o órgão gestor optou pela eliminação do Terminal Lagoa enquanto ponto de integração física e tarifária do sistema integrado (*figuras 56 e 57*), o que deve ter reduzido de forma significativa o volume de embarque e desembarque no Terminal Lagoa e proximidades, acompanhado da eliminação do transtorno ao usuário pela necessidade de transbordo, redução nos tempos de viagem da maioria dos usuários destas linhas, bem como redução de custos de funcionários na operação e fiscalização de um maior número de linhas e administração do terminal.



Figura 56 – Fotografia da entrada de usuários ao Terminal Lagoa, com bilheteria desativada e livre acesso ao terminal que funciona atualmente como ponto de parada comum.

Fonte: o autor



Figura 57 – Fotografia do Terminal Lagoa, movimento pouco expressivo de passageiros no horário de pico da manhã.

Fonte: o autor

Neste trabalho não foi realizado um levantamento destas variáveis antes e após as alterações, nem consiste objetivo do mesmo, estando o sucesso das alterações relacionadas principalmente à baixa incidência de reclamações conforme apontou o órgão gestor em relação aos usuários e empresas operadoras, o que foi adotado com validação deste caso para o modelo proposto.

A (figura 58) a seguir apresenta a distribuição de embarque e desembarque ao longo de toda linha T13/T23 no horário de pico da manhã no sentido Lagomar, a qual indica que grande parte dos usuário desta linha neste horário e sentido embarcam no Terminal Parque de Tubos e desembarcam no bairro Granja dos Cavaleiros, apesar da linha se estender em mais que o dobro desta distância até o ponto final, sem valores significativos de desembarque após a Granja dos Cavaleiros.

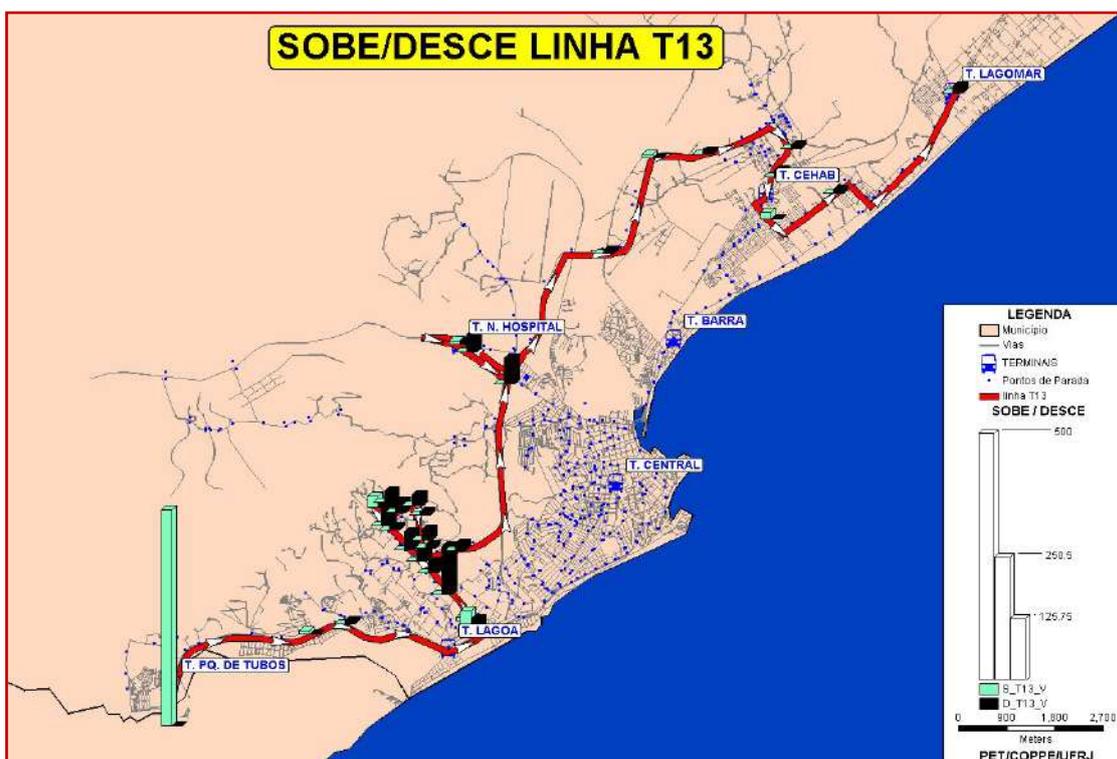


Figura 58 – Mapa de sobe/desce da linha T13 sentido Terminal Lagomar no horário de pico da manhã.

Este mapa também permite sugerir que seja implantado um serviço para o horário de pico com atendimento somente ao trecho Terminal Parque de Tubos – Granja dos Cavaleiros. No entanto, esta proposta não foi melhor avaliada e implantada até o término deste texto para melhor averiguação e validação da proposta.

### 5.2.2. O caso do Lagomar

Esta área foi identificada na *Análise Preliminar* com base nos pontos de parada de ID 905 e 311, ambos de atendimento às linhas alimentadoras A61 – Lagomar x Terminal Lagomar e A71 – Engenho da Praia x Terminal Lagomar (figura 59), que estão inclusas nos maiores índices de IPE da cidade.



Figura 59– Mapa da área Lagomar em análise, considerada posteriormente como de alto potencial.

Os pontos 905 e 311 correspondem respectivamente, ao Terminal Lagomar, identificado como 2º maior ponto do sistema em embarque de passageiros no pico da manhã, com 2.221 embarques e ao ponto de parada no acesso da localidade de Engenho da Praia, de 16ª colocação no ranking de embarques por ponto e volume de 203 embarques no mesmo período.

Estes pontos apresentaram, respectivamente, 711 (7ª colocação em desembarques do sistema) e 0 (zero) desembarques no período de pico da manhã.

O mapa de uso do solo e pontos notáveis está apresentado na figura 59, onde se pode observar que somente a localidade de engenho da praia apresenta lotes mapeados e com uso predominantemente classificado em *sem uso* ou *residencial*, sugerindo local característico de geração de viagens. A área de influência da linha alimentadora A61 não apresentou lotes mapeados, sendo, no entanto, conhecido do órgão gestor de que se trata de área de ocupação com predominância de residências

e algum comércio local, configurando-se desta forma como área predominantemente geradora de viagens.

Cabe destacar nos pontos notáveis, a ocorrência de 01 escola municipal no bairro Lagomar e outra no Engenho da Praia que podem atuar como entidades de atração de passageiros do sistema de transporte coletivo, além de algumas empresas do setor petróleo e gás no entorno do Terminal Lagomar.

A linha A61 apresentou 5ª colocação no ranking de IPE da cidade, com índice de 2,69, transportando 1.729 passageiros em uma distância máxima de 6.4 Km.

Em demanda por linha a linha alimentadora A61 apresentou 5º maior volume de passageiros transportados com 1.729 passageiros no pico da manhã, inserida na classificação de grande demanda de passageiros.

Esta linha apresentou IPK de 6,75, ocupando a 11ª posição no ranking de IPK das linhas do sistema, considerado de forma geral na literatura como um índice elevado.

O valor de embarque observado no Terminal Lagomar, como segundo ponto mais expressivo do sistema o sugeriu como um dos maiores, senão o maior terminal do sistema com necessidade obrigatória de transbordo. Esta suposição foi obtida, tendo em vista que o maior volume da cidade em embarques é realizado no Terminal Central, mas que possui diversas linhas de diferentes funções que absorvem este input, ao contrário do Terminal Lagomar, onde somente 5 linhas participam de sua integração e outras variáveis apontam que esta integração ocorra preponderantemente entre as linhas A61 e T11, como será descrito a seguir.

Um dos indicativos da integração predominante entre estas duas linhas está no fato do maior volume de embarques do Terminal Lagomar pertencer à linha T11, conforme figura 60 e figura 61, bem com em função das outras linhas não apresentarem demanda significativa que possa justificar outra hipótese.



Figura 60 – Mapa de sobe/desce da linha T11 sentido Terminal Parque de Tubos, nas proximidades do Terminal Lagomar.

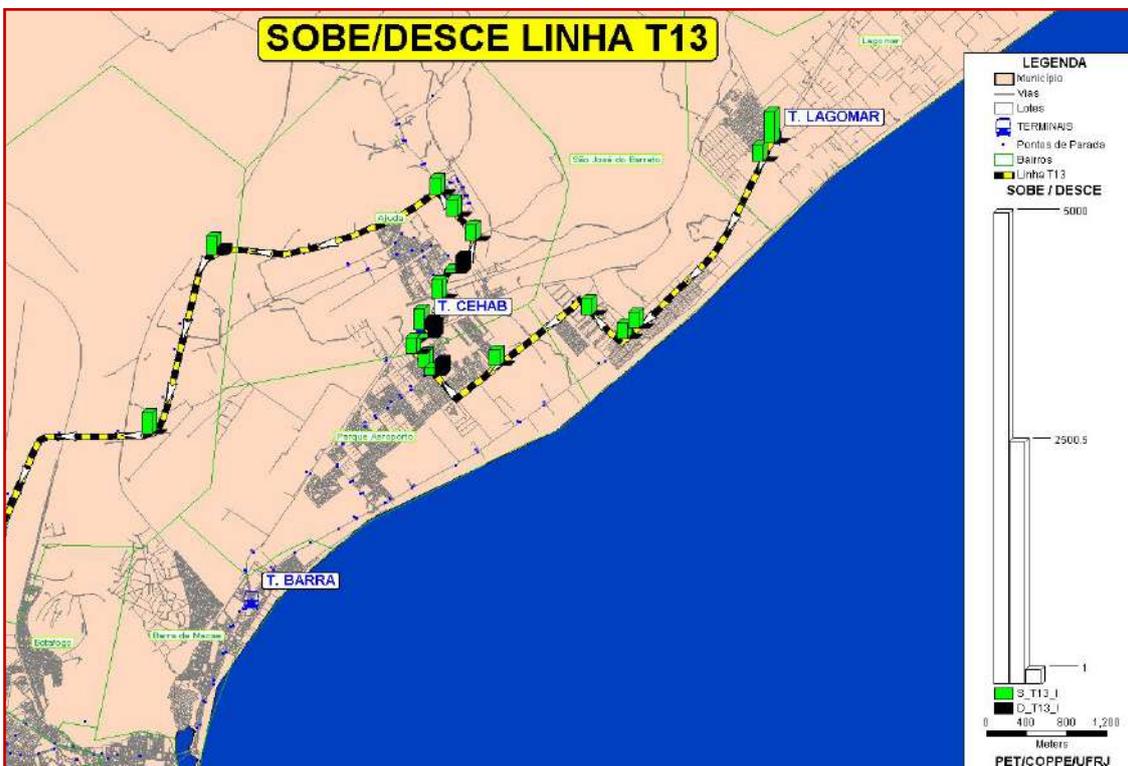


Figura 61 - Mapa de sobe/desce da linha T13 sentido Terminal Parque de Tubos, nas proximidades do Terminal Lagomar.

Cabe destacar que os mapas foram gerados para fins comparativos, com a mesma proporcionalidade do tamanho dos gráficos em barra de sobe-desce em relação aos valores brutos correspondentes. A linha T13 apresentou 183 embarques e a linha T11 apresentou 2038 embarques.

O mapa de sobe e desce total por ponto de parada do sistema sobreposto ao mapa de fluxo de linhas nas proximidades do Terminal Lagomar (figura 62) permite uma melhor visualização desta integração, a qual se destacou nos volumes de transferência entre uma linha alimentadora e uma linha troncal, com mais de 2.000 embarques no horário de pico da manhã.



Figura 62 – Mapa de fluxos, uso do solo e total de embarque e desembarque por ponto de parada nas proximidades do Terminal Lagomar.

Tendo em vista a composição das variáveis analisadas no caso do Lagomar e a aplicação dos critérios metodológicos desenvolvidos, esta área foi classificada como de Alto Potencial.

O órgão gestor de transportes em conjunto com as empresas operadoras avaliaram outras condições operacionais da linha A61 e de sua área de influência, sendo posteriormente realizada a extensão da linha A61 até o Terminal Central, tendo em vista que grande parte da demanda da linha T11 desembarcava nos dois pontos de parada anteriores ao Terminal Central e neste inclusive.

A alteração descrita acima gerou posterior insatisfação por parte da empresa operadora que alegou dificuldades na alocação de maior número de veículos na linha para manutenção do Headway anterior, apesar do aumento do tempo de ciclo. O conseqüente aumento do Headway gerou insatisfação dos usuários, tendo em vista que a linha operava em seu limite de capacidade.

Desta forma, foi realizada posteriormente a fusão das linhas T11 e A61, o que deve ter eliminado a participação deste terminal enquanto segundo ponto de maior necessidade obrigatória de transbordo do sistema, diminuindo o tempo de ciclo total e aumentando a satisfação dos usuários.

Neste trabalho não foi realizado um levantamento destas variáveis antes e após as alterações, nem consistiu objetivo do mesmo, estando o sucesso das alterações relacionadas principalmente à baixa incidência de reclamações conforme apontou o órgão gestor em relação aos usuários e empresas operadoras, o que foi adotado com validação deste caso para o modelo proposto.

### 5.2.3. O caso da Ajuda de Baixo

Nesta área, identificada no processo de Análise Preliminar do modelo, os pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros foram os de ID 803, 917 e 11, que apresentaram, respectivamente, 1.516 embarques (Terminal CEHAB), sendo responsável pela 3ª classificação do sistema no pico da manhã, seguido de 169 e 151 embarques, nas posições 20 e 23 (figura 63).

Os respectivos valores brutos de desembarque observados foram 879, 17 e 0 (zero), cabendo ressaltar que os dois últimos pontos estão localizados no interior do bairro, atendendo somente a linha A22 – Ajuda de Baixo x Terminal CEHAB nos dois sentidos, tendo em vista que esta apresenta configuração do tipo circular no interior do bairro, o que sugere uma área com predominância de geração de viagens.

Esta linha apresentou IPE de 5,46, referente ao maior IPE das linhas circulares e alimentadoras, com 786 passageiros transportados em um percurso máximo de 2.8 Km. O IPK também é um dos maiores do sistema com índice de 13,35, que representa a segunda maior linha alimentadora neste índice.

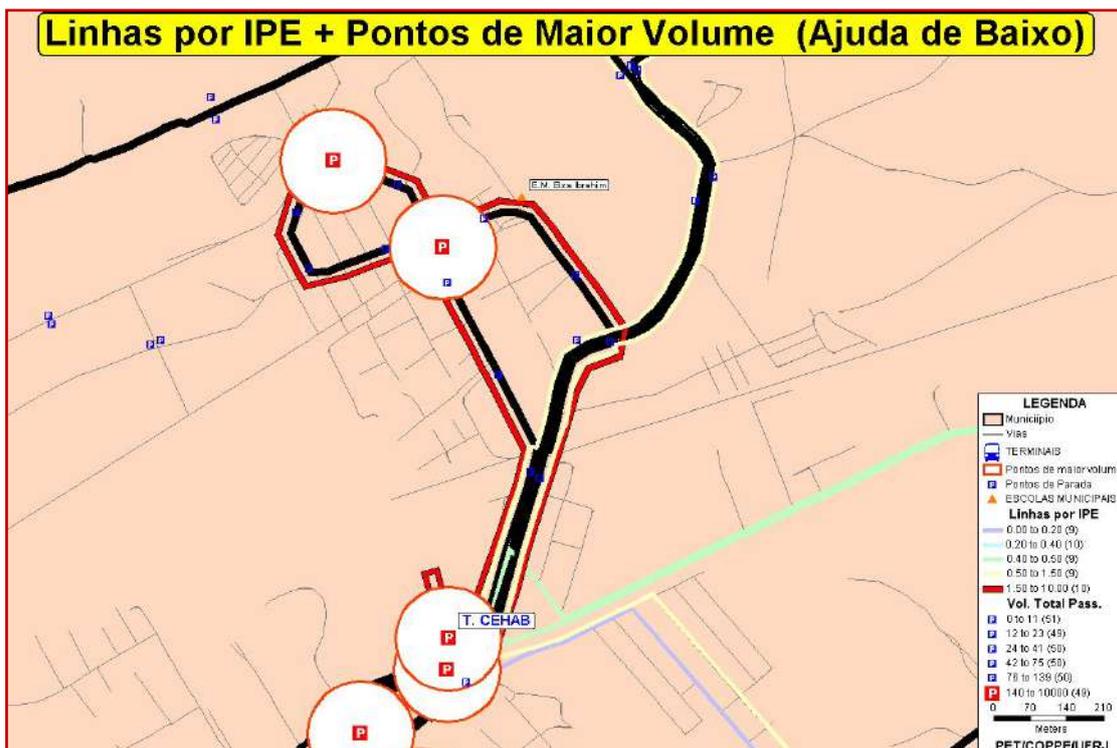


Figura 63 – Mapa da área Ajuda de Baixo em análise inicial com linhas de maior IPE em conexão com pontos de maior volume de embarque e desembarque.

A demanda verificada foi de 786 passageiros no pico da manhã, correspondendo à classificação média e em 14ª posição no ranking de demanda.

O mapa de uso do solo e pontos notáveis permitiu observar lotes predominantemente com uso *residencial* e *sem uso* no interior do bairro, bem como nas proximidades do Terminal CEHAB, o que conduziu a supor a área enquanto geradora predominante de viagens. Este perfil também foi sustentado pela sobreposição do gráficos de sobe-desce total por ponto de parada sobre este mapa, predominando a distribuição de maiores valores de embarque.

No entanto, cabe destacar a ocorrência de 1 escola municipal no bairro, bem como a ocorrência de uma empresa de grande porte e uma incubadora de empresas que podem representar significativos motivos de atração de viagens.

A caracterização da área enquanto geradora de viagens, bem como do entorno do Terminal CEHAB sugerem que a demanda da linha realize percentual expressivo de transbordo no Terminal, representando área significativamente suscetível à otimização de itinerário.

O terminal é atendido por mais 4 linhas alimentadoras e 4 linhas troncais, sendo duas radiais e duas diametrais. Uma das radiais utiliza a via expressa do aeroporto e uma das diametrais utiliza as vias expressas linha verde e linha azul.

A demanda das linhas troncais representam respectivamente a 2ª, 6ª, 7ª e 13ª posição no ranking de demanda por linha e sentido no pico da manhã, sendo que as 3 primeiras atendem ao centro da cidade.

Tendo em vistas as variáveis apresentadas pelo caso da Ajuda de Baixo e a aplicação do método desenvolvido, esta área foi classificada como de Alto Potencial.

O órgão gestor e conjunto com as empresas operadoras avaliaram outros aspectos operacionais da linha e da área em análise, sendo posteriormente realizada a fusão da linha A22 com a linha troncal T22 – Terminal CEHAB x Terminal Central via aeroporto.

Esta alteração que deve ter reduzido a necessidade obrigatória de transbordo no Terminal CEHAB em grande parte da demanda desta linha, devendo ter sido refletida também na diminuição do tempo de ciclo total e aumento da satisfação dos usuários.

Como relatado nos exemplos de caso anteriores, não foi realizado um levantamento destas variáveis antes e após estas alterações, nem consistiu objetivo do trabalho, estando o sucesso das alterações relacionadas principalmente à baixa incidência de reclamações, conforme apontou o órgão gestor em relação aos usuários e empresas operadoras, o que foi adotado como validação deste caso para o modelo proposto.

### 5.3. Áreas de Médio Potencial

#### 5.3.1. O caso da Nova Holanda/Barra

Este bairro foi identificado como área de Médio Potencial à otimização de itinerário com base inicial nas linhas alimentadoras A32 – Nova Holanda x Terminal Barra e A52 Nova Holanda x Terminal Central que apresentaram um dos maiores índices de IPE em conexão a pontos de parada de maior volume de embarque e desembarque de passageiros como no caso dos pontos de ID 804, 339, 338 e 326 no primeiro caso e pontos 327, 336, 333, 330, 331 e 805 no segundo caso conforme (figuras 64 e 65).



Figura 64 – Etapa de processamento da Análise Preliminar com identificação de duas linhas de maior IPE em contato com Pontos de Parada de maior volume de passageiros.



Figura 65 - Mapa da área Nova Holanda/Barra em análise de verificação.

Ao contrário do caso da Granja dos Cavaleiros, onde a linha alimentadora em análise possuía sentido bairro, no caso da Nova Holanda as linhas apontadas pelo modelo aparecem com sentido Terminal Barra no primeiro caso e Terminal Central no segundo caso, sugerindo a área em análise como pólo predominante de geração de viagens.

No caso da linha A32, os pontos de ID 804, 326 e 338, correspondem, respectivamente, ao Terminal Barra com a 5ª colocação no ranking de embarque de passageiros por ponto de parada da cidade com 777 embarques no pico da manhã, 9ª colocação com 563 embarques e 19ª colocação com 169 embarques. A expressividade dos valores de embarque destes pontos não sugere alta relação com a linha alimentadora em análise, tendo em vista que os valores de desembarque deste pontos são poucos expressivos, exceto o Terminal Barra, como será apresentado em seguida.

Os valores de desembarque destes pontos correspondem, respectivamente, à 304 passageiros, ocupando a 10ª posição no ranking de desembarque no caso do Terminal Barra, 14 e 35 passageiros.

O IPE da linha A32 apresentado foi de 2,47 e corresponde à 7ª linha de maior valor na relação entre passageiros transportados por extensão da linha, sendo 376

passageiros transportados em uma distância máxima de 1.5 km ao longo de 2 horas e trinta minutos do pico da manhã.

Esta linha apresentou a 22ª demanda do sistema por sentido no pico da manhã em um total de 59 posições, 6ª posição em demanda no conjunto das alimentadoras com 376 passageiros, superando algumas linhas circulares, 01 linha troncal e a maioria das linhas alimentadoras.

No ranking de IPK a linha apresentou 8ª colocação com índice de 7,25, o que também é considerado um valor bastante elevado se considerado a média nacional ou os maiores valores médios urbanos nacionais.

Na análise de caracterização da geração e atração de viagens da área identificada foi possível observar que a adjacência do local é atendida por quatro linhas troncais, T11, T41, T12 e T22 que representam as quatro maiores linhas troncais em demanda no sistema, conforme se pode observar na *figura 66* a seguir.

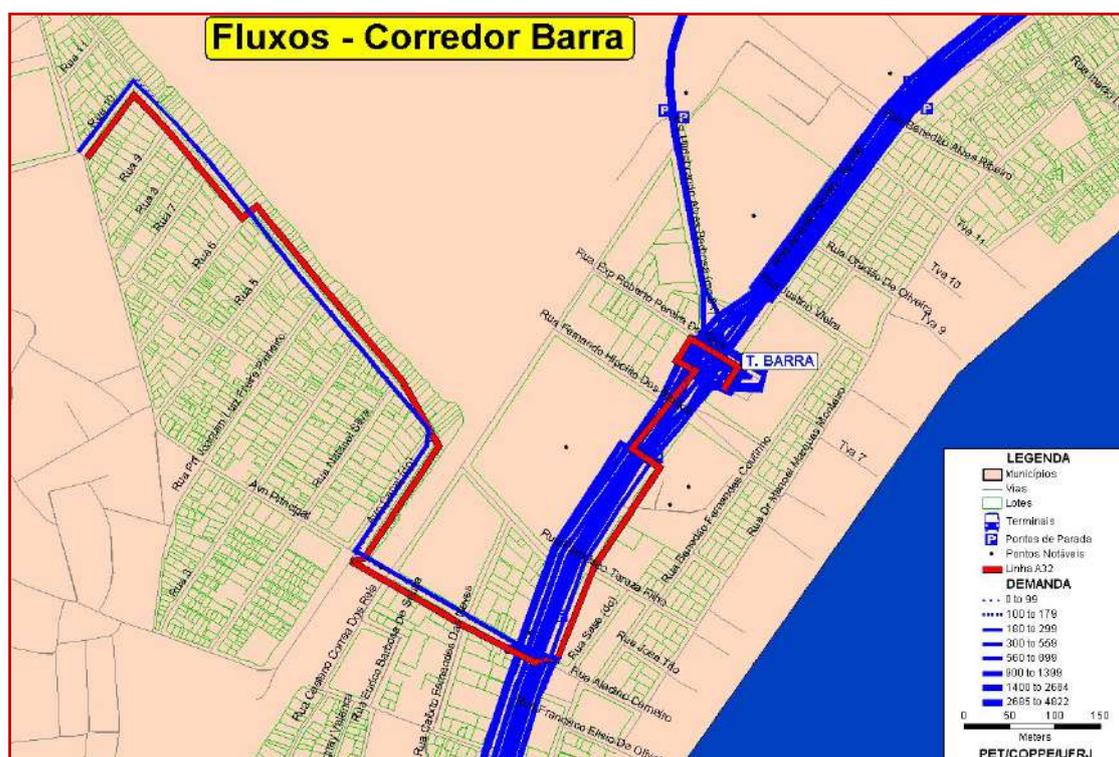


Figura 66 – Mapa de fluxos de demanda no corredor barra e linha Nova Holanda x Terminal Barra em vermelho.

Observando os mapas de sobe-desce do horário de pico da manhã ao longo da linha troncal T11 (figuras 67) foi possível identificar que o Terminal Barra apresentava participação pouco expressiva no embarque de passageiros ao longo desta linha, tendo sido sua expressividade minimizada em função de alguns pontos anteriores e posteriores também apresentarem volumes semelhantes ou maiores.

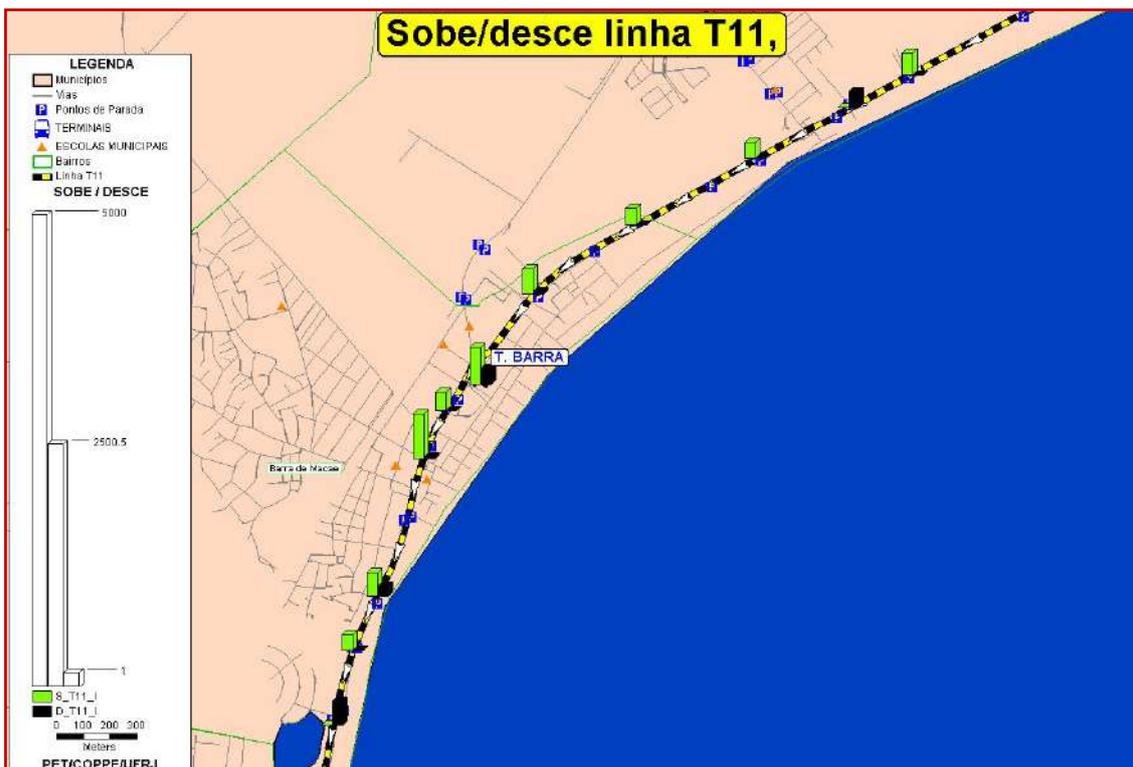


Figura 67 – Mapa de sobe/desce da linha T11 nas proximidades do Terminal Barra.

No caso da linha T41 o Terminal Barra aparece com maior significado para o perfil desta linha (figuras 68), se comparado ao perfil da T11. No entanto, em valores brutos, os pontos adjacentes à Nova Holanda apresentam maior contribuição de embarques na linha T11.



Figura 68 – Mapa de sobe/desce da linha T41 nas proximidades do Terminal Barra.

Cabe destacar que estas linhas troncais realizam a ligação entre os bairros mais populosos da cidade (Lagomar e Parque Aeroporto) e os bairros de maior atração de passageiros (Centro, Granja dos Cavaleiros e Parque de Tubos).

O mapa de uso do solo e pontos notáveis da área em análise (figuras 69) apresentou em quase sua totalidade lotes sem informação e áreas sem loteamento o que deve estar relacionado a esta área ser considerada com área de risco em função da atuação de facções do crime organizado e à dificuldade de mapeamento de lotes em função ausência de vias planejadas e predominância do plano orgânico.

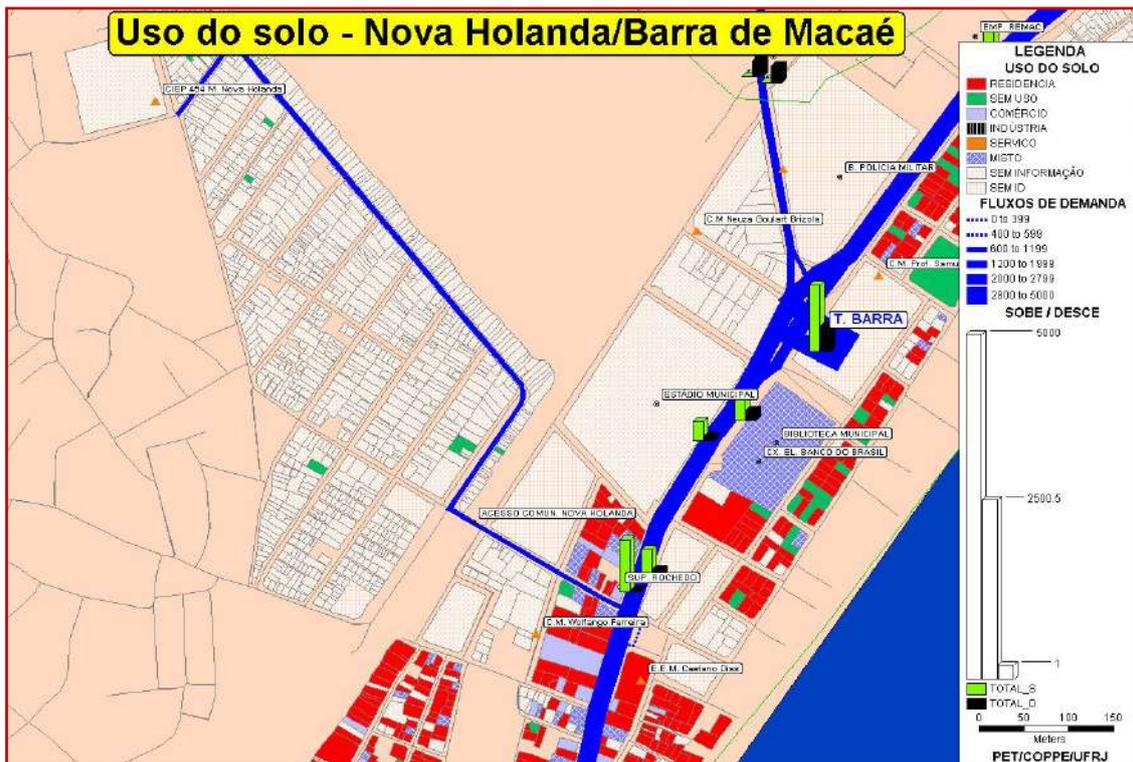


Figura 69 – Mapa de uso do solo na área Nova Holanda/Barra em análise de verificação.

No entanto, os lotes adjacentes à Nova Holanda, localizados principalmente nas quadras próximas à Rod. Amaral Peixoto apresentaram alguns casos de uso misto e comércio, que podem representar atração de passageiros da Nova Holanda para este local.

No caso da linha A52 que realiza a ligação entre a Nova Holanda e o Terminal Central, podemos observar que esta apresentou 10ª classificação no IPE, com índice de 1,57 e 685 passageiros transportados em um máximo de 4.4 Km no horário de pico da manhã. O IPK desta linha foi de 8,54, ocupando a sexta posição no ranking de IPK.

No caso dos pontos de parada de maiores volumes da cidade e que são atendidos por esta linha, estão inclusos os três pontos de maior volume de desembarque da cidade no horário de pico da manhã, sendo, respectivamente, o Terminal Central, Av. Pres. Sodrê sentido Terminal Central e Praça Veríssimo de Melo também neste sentido, o que sugere uma importância significativa desta linha para locais de destino final e não somente para transbordo.

O mapa de uso do solo e pontos notáveis confirma esta situação apresentando elevada concentração de lotes comerciais e de uso misto, além de diversos pontos notáveis como escolas, bancos, rodoviária, etc, conforme figura 70, evidenciando conflito de geração e atração de viagens na área de influência de uma mesma linha.

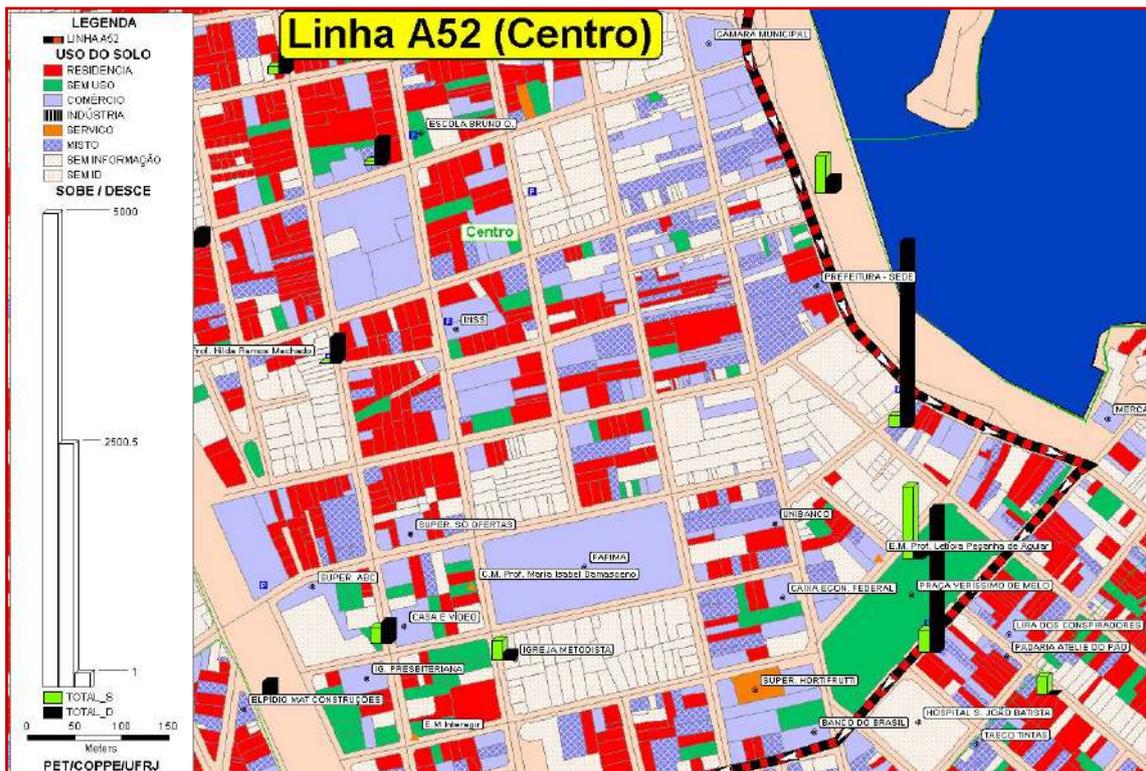


Figura 70 – Mapa de caracterização da área Centro em análise de verificação e linha A52 em tracejado vermelho e preto.

A análise da área identificada pelo modelo nos permitiu supor que a linha alimentadora A 32 não participa de maneira expressiva para a realização de transbordos tendo em vista que: apresenta uma demanda classificada como baixa, conforme exposto na metodologia, apesar de seu elevado IPE e IPK; que o sobe-desce das linhas troncais que atendem ao local sugerem um movimento de passageiros prioritariamente no sentido centro, conforme pode se observar nas figuras 71 e 72 que a área em análise já possui linha de atendimento ao centro, incluindo o Terminal Central.

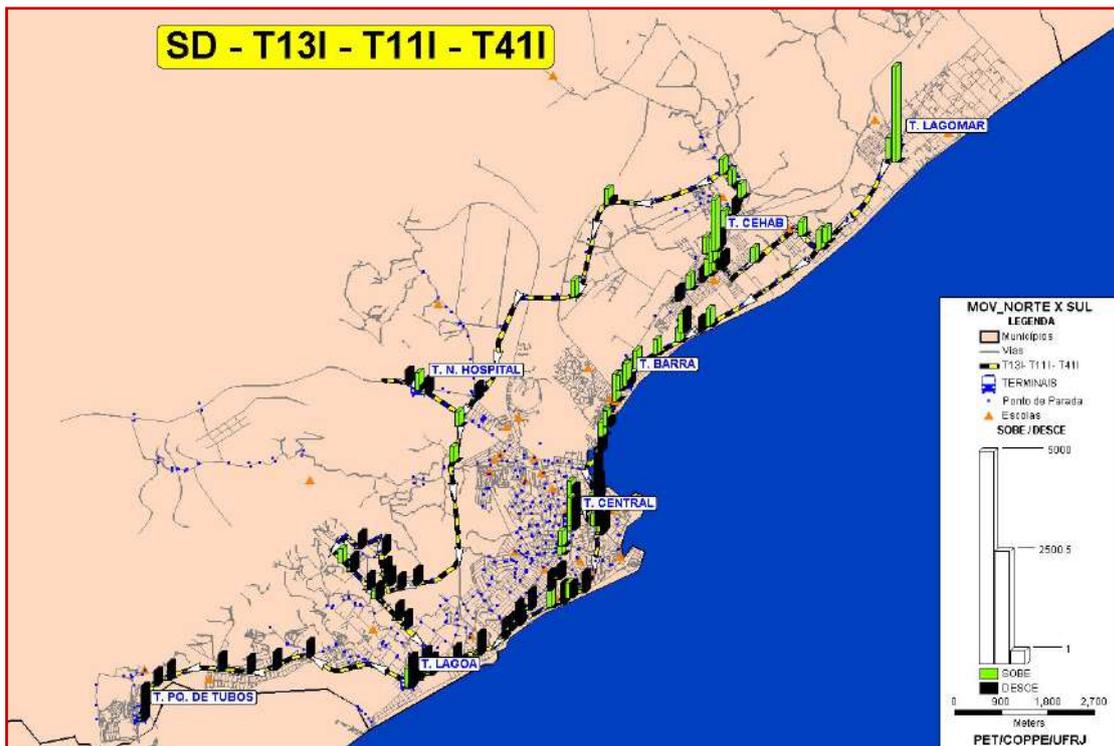


Figura 71 – Mapa de sobe/desce das linhas diametrais urbanas evidenciando significativos fluxos no sentido norte-sul se comparado ao mapa de sobe/desce no sentido oposto (figura 72).

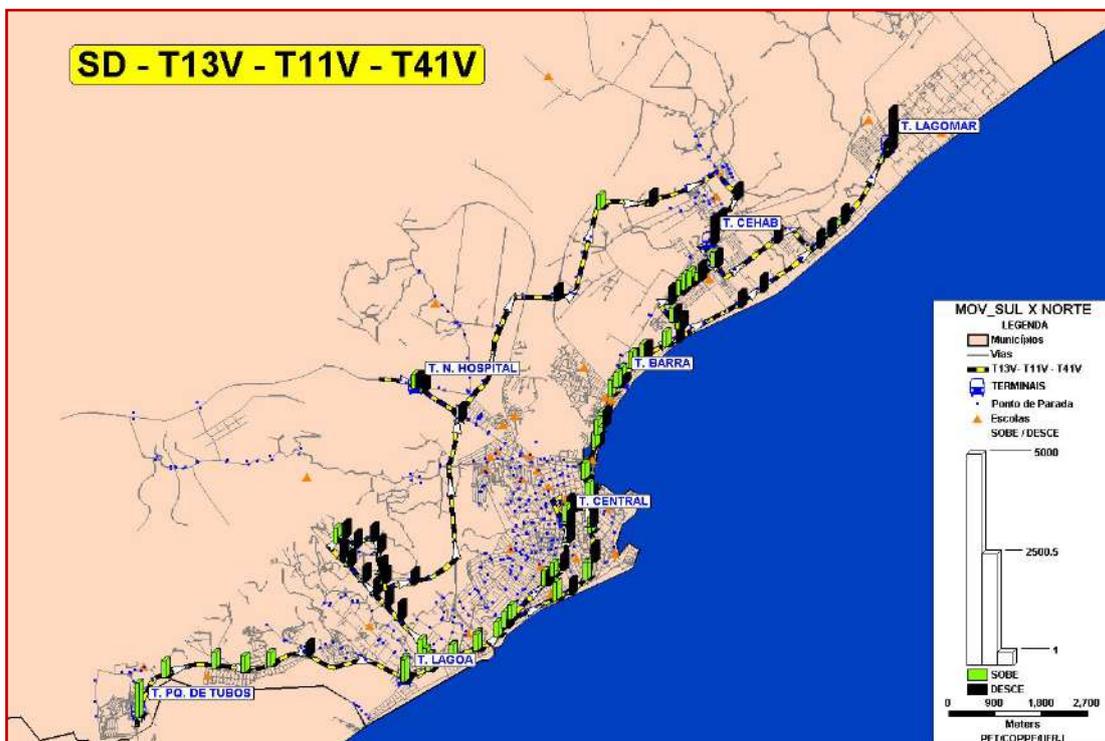


Figura 72 – Mapa de sobe/desce das linhas diametrais urbanas evidenciando fluxos pouco expressivos no sentido sul-norte se comparado ao mapa de sobe/desce no sentido oposto (figura 71).

O fato da linha A52 atender ao Terminal Central sugere que o transbordo para linhas com destino na parte sul da cidade seja realizado neste terminal, o que parece ser mais interessante para o usuário proveniente da Nova Holanda, tendo em vista que a área adjacente à Nova Holanda faz parte do corredor Barra, onde as linhas apresentam os maiores valores de ocupação, como se pode perceber pelo movimento de sobe e desce ao longo das linhas troncais, bem como em função de que as linhas troncais no sentido centro apresentam expressivos valores de desembarque em pontos anteriores ao Terminal Central e neste inclusive, de forma a apresentar maior conforto de embarque para o usuário proveniente da Nova Holanda com destino ao sul da cidade.

O mapa de uso do solo e pontos notáveis apontou alguns usos característicos de atração de viagens nos limites da área em análise, que podem explicar parte da atração de viagens das linhas A32. No entanto, esta ligação também é atendida pela linha A52.

A baixa demanda da linha A32, os indicativos de sua baixa expressão na integração e o atendimento de outra linha do mesmo local às áreas de atração de viagens, não apresentaram fortes indícios de importância da linha A32 no sistema.

Enfim, considerando os critérios de análise da metodologia proposta, a área da Nova Holanda/Barra apresentou na etapa preliminar duas linhas de maior IPE em contato com Pontos de Parada de maior volume de passageiros. No entanto, na etapa de verificação foi identificado que uma linha apresentava média demanda e a outra, baixa demanda, além de conflitos de geração e atração de viagens. Desta forma, esta área foi classificada como de *Médio Potencial*.

O órgão gestor de transportes em conjunto com as empresas operadoras avaliaram outras condições operacionais destas linhas e de sua área de influência, o que evidenciou, entre outros aspectos, que a linha alimentadora A32, bem como as linhas troncais de atendimento ao Terminal Barra apresentavam forte impedância na circulação do sistema em função do acesso ao Terminal Barra ser realizado através de dupla interseção não semaforizada e do expressivo fluxo de veículos da Rod. Amaral Peixoto com origem/destino na parte norte da cidade, que contempla os bairros mais populosos do município.

Desta forma, o órgão gestor optou pelo fechamento do Terminal Barra no sistema integrado de transportes e pela suspensão da linha alimentadora A32 – Nova Holanda x Terminal Barra (figuras 73 e 74).



Figura 73 - Fotografia do acesso de usuário e ônibus no Terminal Barra, atualmente desativado.

Fonte: o autor



Figura 74 - Fotografia das plataformas do Terminal Barra, atualmente utilizadas como estacionamento de veículos de passeio.

Fonte: o autor

A linha A52 – Nova Holanda x Terminal Central apresenta demanda de classificação média e atende aos três pontos de parada de maior volume de desembarque de passageiros do sistema, o que não fornece indícios confiáveis de sucesso em um suposto prolongamento ou fusão desta linha para atendimento direto a outros pontos de cidade de forte atração de viagens. Para isso, seriam necessários levantamentos mais específicos de análise para sustentação técnica de otimização de itinerário nesta linha.

O fechamento do Terminal Barra, acompanhado dos ajustes operacionais paralelos, deve ter reduzido de forma significativa o tempo total de circulação das linhas do sistema integrado, tendo em vista que as 4 maiores linhas troncais em demanda e 1 alimentadora deixaram de realizar o acesso neste terminal com as dificuldades de circulação descritas anteriormente.

Cabe destacar que o fechamento deste terminal também representou diminuição de custos relacionados à sua manutenção, bem como possibilitou a relocação de fiscais e despachantes, tanto por parte do órgão gestor, como por parte das empresas operadoras.

No entanto, cabe destacar que a decisão de fechamento do Terminal Barra sugere impacto direto sobre a melhoria do sistema de circulação local e no tempo de percurso das linhas troncais, mas não está relacionado à diminuição de transbordo no sistema, tendo em vista que não foi implantada nenhuma nova ligação direta, devendo os transbordos pré-existentes ocorrerem em outros terminais.

Desta forma, este constitui um caso do modelo em que, apesar de ter apresentado a Barra como área de médio potencial e das tomadas de decisão terem apresentado sucesso, este não está relacionado à redução de transbordo e por isso não foi contemplado diretamente como sucesso do modelo e foi considerado na margem de erro desta metodologia.

### 5.3.2. O caso Nova Macaé/Aroeira

Na etapa de Análise Preliminar, estes bairros apresentaram a linha A41 como caso de linha de maior IPE em contato com Pontos de Parada de maior volume de passageiros, conforme figura 75.



Figura 75 – etapa de Análise Preliminar com evidência da linha A41 em atendimento aos bairros Nova Macaé, Aroeira e Centro.

Na Análise de Verificação a linha apresentou IPK elevado, foi classificada como de maior demanda, o perfil de sobe-desce das linhas troncais em conexão apresentaram pico de embarque e desembarque, mas a área apresentou conflito de geração e atração de viagens, tendo em vista que atende à um bairro residencial e ao centro da cidade (figuras 76 e 78).

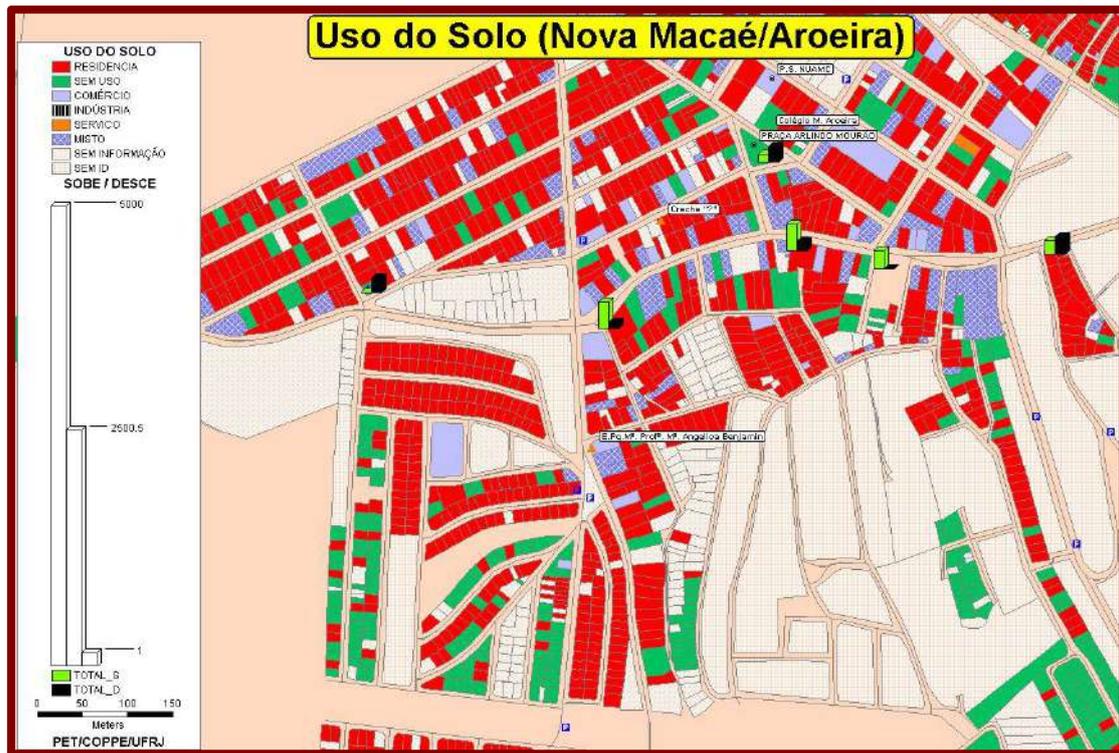


Figura 76 – Mapa de Uso do Solo, Escolas, Pontos Notáveis, Volume de Embarque e Desembarque de Passageiros por Ponto de Parada nos bairros Nova Macaé e Aroeira, evidenciando área de predominância de geração de viagens no pico da manhã.

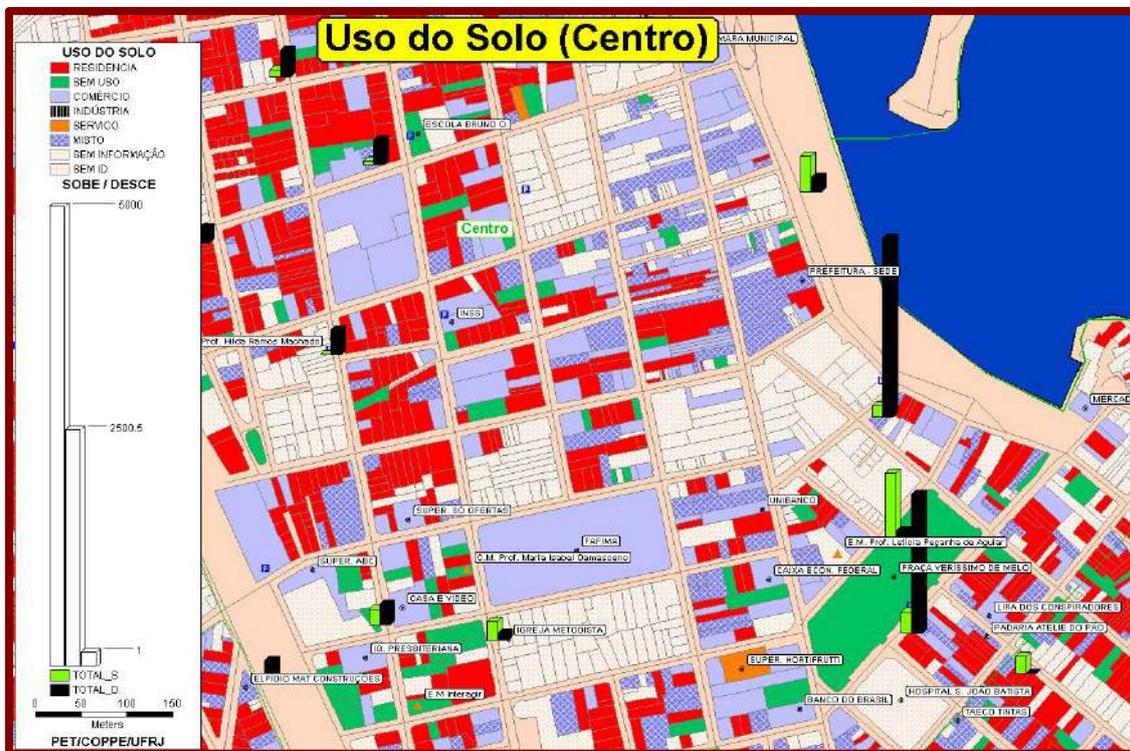


Figura 78 – Mapa de Uso do Solo, Escolas, Pontos Notáveis, Volume de Embarque e Desembarque de Passageiros por Ponto de Parada no centro da cidade, evidenciando área de predominância de atração de viagens no pico da manhã.

Desta forma, esta área foi classificada como área de médio potencial à otimização de itinerários conforme o método proposto.

O Órgão Gestor e Empresas Operadoras analisaram o caso e implantaram nova linha de forma a atender ao bairro Aroeira e a realizar a ligação direta com dois bairros e pólos de atração de viagens no pico da manhã como a Granja dos Cavaleiros, Shopping e Parque de Tubos.

### 5.3.3. O caso Botafogo/Aroeira

Na etapa de Análise Preliminar, estes bairros apresentaram a linha A91 como caso de linha de maior IPE em contato com Pontos de Parada de maior volume de passageiros, conforme figura 79.

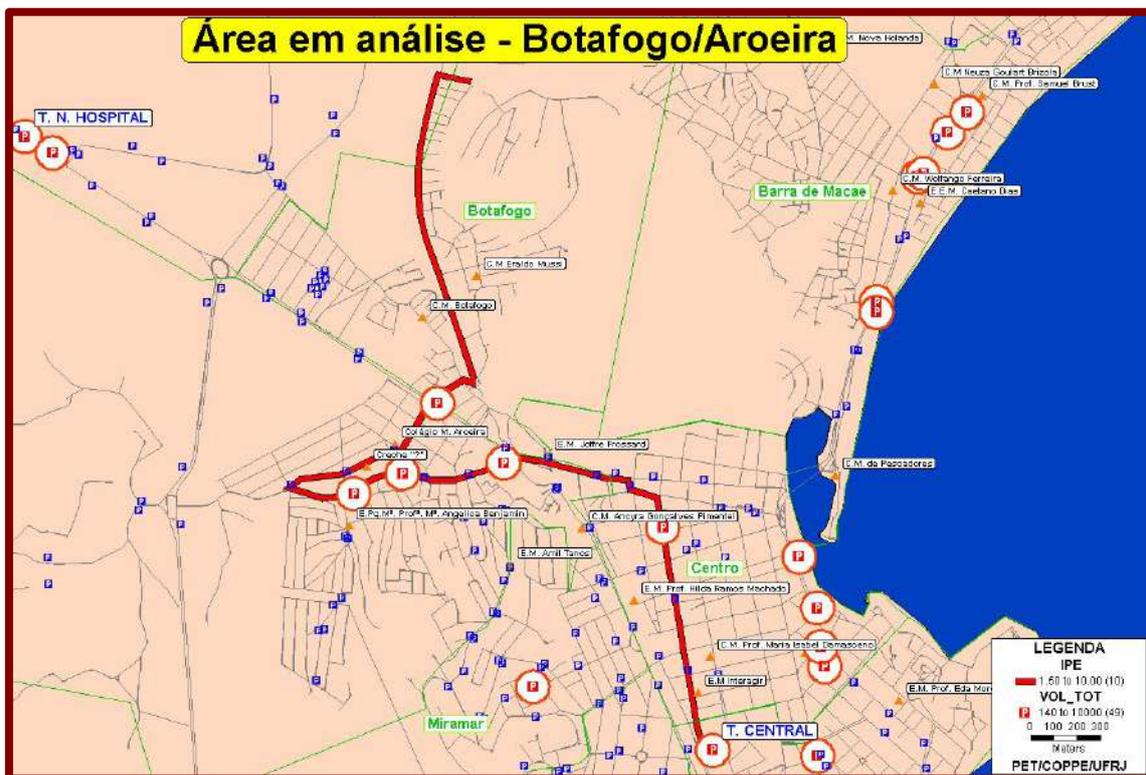


Figura 79 – etapa de Análise Preliminar com evidência da linha A91 em atendimento aos bairros Botafogo, Aroeira e Centro.

Na Análise de Verificação a linha apresentou IPK elevado, foi classificada como de maior demanda, o perfil de sobe-desce das linhas troncais em conexão apresentaram pico de embarque e desembarque, mas a área apresentou conflito de geração e atração de viagens, tendo em vista que atende à um bairro residencial e ao centro da cidade, de forma semelhante ao caso Nova Macaé/Aroeira apresentado anteriormente.

Desta forma, esta área obteve classificação de Médio Potencial conforme a metodologia desenvolvida.

O Órgão Gestor e Empresas Operadoras analisaram o caso e como no caso Nova Macaé/Aroeira, foi implantada nova linha de atendimento direto a bairros e pólos de atração de viagens no pico da manhã como a Granja dos Cavaleiros, Shopping e Parque de Tubos.

#### 5.4. Áreas de Baixo Potencial

Conforme os critérios expostos na metodologia do método proposto no item 3.7. deste trabalho, as Áreas de Baixo Potencial correspondem à todos os outros bairros e localidades que não foram contemplados nas classificações de Alto e Médio Potencial.

## 6. Considerações finais

A metodologia proposta apresentou resultados satisfatórios para os objetivos propostos, tendo em vista que identificou áreas que realmente apresentavam possibilidades de otimização para o sistema de transporte de passageiros e onde, na maioria dos casos, foram realizadas alterações de itinerários com resultados positivos para o sistema.

Os resultados encontrados demonstraram consistência na utilização do método para diagnósticos, tendo em vista que ajustes realizados nas áreas de alto e médio potencial do sistema, como alteração de itinerários, criação e suspensão de linhas e terminais, representaram, segundo o Órgão Gestor e empresas operadoras, redução no custo de pesquisas, diminuição da necessidade de transbordo, diminuição do tempo de percurso total e redução de custos operacionais e administrativos.

Cabe destacar, que a potencialidade à otimização de itinerários, proposta neste trabalho, contemplou, tanto a implantação de novo itinerário para uma linha pré-existente, quanto a implantação de uma nova linha ou a extinção de linha pré-existente.

A metodologia permitiu uma análise integrada de diversas variáveis relacionadas ao sistema de transporte sem que houvesse a rigidez das modelagens estritamente matemáticas e que muitas vezes dificultam sua aplicação prática para diferentes casos. A avaliação realizada caso a caso, como utilizada no método proposto, permite uma averiguação das peculiaridades específicas de cada caso, através, por exemplo, da visualização da geometria das vias do local analisado, da identificação e localização de Pólos Geradores de Viagens que possam representar fator relevante para a alteração de itinerário, da possibilidade de adotar diferentes escalas de visualização, da possibilidade de adotar variadas combinações de visualização de linhas por perfil de sobe/desce, etc.

O modelo também permite uma variação do número de classes estatísticas a serem utilizadas, o que irá refletir em um número maior de inclusão ou exclusão de observações. Desta forma, o operador deve obedecer às recomendações cartográficas que apontam valores entre 4 e 6 classes, além de considerar a expressão espacial das impedâncias de transbordo observadas no estudo de caso do operador. Caso as impedâncias de transbordo sejam conhecidas em diferentes pontos da cidade, o operador deverá adotar um número menor de classes em função de se obter um resultado que abranja um número maior de observações.

A ferramenta SIG se mostrou de fundamental importância para a viabilidade de aplicação desta metodologia tendo em vista que seria necessário um aporte muito

maior de mão-de-obra e tempo de trabalho, além do fato da metodologia estar baseada na localização geográfica das entidades e atributos analisados, os quais requerem elevada acurácia e velocidade de processamento na operacionalização, permitidos pelo uso do SIG.

No entanto, a aplicação do método proposto exige a disponibilidade de bases georreferenciadas que podem exigir um processo trabalhoso de sua geração e/ou adaptação. Porém, se previamente disponíveis, permitem sua aplicação com as ferramentas mais simples da maioria dos sistemas de informação geográfica disponíveis atualmente no mercado e de rápida aplicação.

O software Transcad, utilizado neste estudo, apresentou algumas dificuldades de comunicação cartográfica em seu layout, tendo em vista que a legenda é constituída de forma vertical, podendo ser onerosa a compilação da legenda com todas as informações pertinentes à composição de um mapa, principalmente se contiver planos de informação com uso de gráfico em barras verticais.

Por isso, em alguns casos neste estudo, foram omitidas informações na legenda, relativas à entidades existentes no mapa ou informações de metodologia cartográfica, como sistema de projeção, grid e sistema de coordenadas. No entanto, estas informações foram mencionadas no texto relativo à metodologia utilizada.

Cabe destacar que as bases georreferenciadas relativas à Pontos de Parada, traçado de rotas, pesquisa de embarque/desembarque, distribuição de demanda e uso do solo, representam base de informação relevante que pode ser utilizada para diversas outras aplicações em sistemas de transporte.

Apesar do objetivo desta metodologia não contemplar a proposição técnica de novos itinerários, podemos ressaltar que esta permite uma redução significativa de custos de levantamento de dados mais específicos, mediante sua realização em áreas ou linhas selecionadas como prioritárias, ao contrário, por exemplo, de levantamentos abrangentes e custosos, como pesquisas de origem/destino e matrizes de integração para toda a cidade.

As próprias bases georreferenciadas utilizadas neste modelo, também poderão ser utilizadas como subsídio à identificação de novos traçados de itinerários com base na configuração das vias, na distribuição dos volumes de embarque e desembarque sobre a malha urbana e na identificação de tipos de uso do solo relevantes.

A validação do modelo foi baseada nas alterações de itinerários realizadas nas áreas de alto e médio potencial da cidade de Macaé e que refletiram na diminuição da necessidade de realização de transbordo. Desta forma, o modelo apresentou erro de 17% em sua aplicação, tendo em vista que 1 (um) dos casos de alteração de itinerário

em um total de seis situações não representou necessariamente redução de transbordo no sistema.

Este se refere ao caso da Barra (Macaé), classificada como área de médio potencial e onde, apesar de terem sido realizadas alterações de itinerários, estas estão diretamente relacionadas ao tempo de percurso total e à melhoria da circulação local, mas as ligações que eram realizadas com transbordo e integração tarifária, foram transferidas para outros terminais, tendo em vista que não houve surgimento de nova ligação direta.

Apesar dos objetivos do trabalho terem sido alcançados, algumas questões podem ser melhor trabalhadas para o aprimoramento desta metodologia, que são apresentadas em seguida como recomendações e propostas futuras:

- 1) A identificação dos possíveis limites de escala geográfica de aplicação da metodologia.
- 2) A identificação do horizonte de planejamento em que se pode utilizar uma metodologia como esta.
- 3) A utilização de outras variáveis importantes.
- 4) O aprimoramento do método de geração de classes e técnicas estatísticas (agregações, médias, regressões, etc.).
- 5) A identificação de uma relação aceitável entre *extensão de linha x demanda x volume de transbordo* em um sistema integrado.
- 6) A geração de um indicador de potencialidade à alteração de itinerários e sua classificação qualitativa.
- 7) Inclusão de variáveis de suporte à tomada de decisão como pesquisa O/D, capacidade de vias, condições de tráfego, etc.
- 8) A geração de uma *macro* para aplicação automática dos processos executados em ambiente SIG.

A metodologia proposta demonstrou procedimentos simples e de fácil utilização em um Sistema de Informação Geográfica, com resultados pertinentes para realização de diagnósticos em um sistema integrado de transporte de passageiros. Os dados de entrada utilizados neste método (demanda de passageiros, frequência de viagens, extensão das linhas, pesquisa de sobe/desce e atributos de uso do solo) correspondem a dados básicos de planejamento e gestão de sistemas de transporte, geralmente utilizados por Órgãos Gestores e Empresas Operadoras.

Desta forma, o método pode ser recomendado para Órgão Gestores e Empresas Operadoras de cidades pequenas e médias, que pretendam investigar a

possibilidade de ajustes operacionais que reflitam em melhoria de qualidade do serviço para o usuário e redução de custos para as instituições envolvidas.

Enfim, esperamos contribuir para o desenvolvimento de novas metodologias de aplicação e aprimoramento em sistemas de transportes que possuam a integração como variável significativa de seus sistemas, bem como contribuir para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

## 7. Bibliografia

- BIALOWAS, B., BODMER, M., 1994, "Evolução dos Métodos de Avaliação e as Decisões em Transportes". In: *Anais do VIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET*, Vol. II, pp. 131-14, Recife - PE, Brasil.
- BRAGA, A. F., 2001, *Contribuição Metodológica para Estudos da Demanda Revelada de Transporte Público Coletivo com Auxílio de Sistemas de Informação Geográfica*. Dissertação M.Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CET-SP, 1986, *Boletim Técnico de Operações em Trânsito e Transporte*. 1 Ed. São Paulo, SP, Companhia de Engenharia de Tráfego - Prefeitura Municipal de São Paulo, SP, Brasil.
- BRUTON, M.J., 1984, *Introdução ao Planejamento dos Transportes*. 1 Ed. São Paulo - SP, Interciência/EDUSP.
- DANTAS, A.S., TACO P.W.G., YAMASHITA, Y., 1996, "Sistemas de Informação Geográfica em Transportes: o Estudo do Estado da Arte". In: *Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET*, v.1, p. 209-222, Brasília, Brasil.
- DENT, BORDEN. D., 1999, *Cartography Thematic Map Design*, 2 Ed. New York, WCB McGraw-Hill.
- DI PIERRO, L. F., 1985, "Determinação de matrizes de viagens de passageiros de ônibus a partir de uma pesquisa embarque/desembarque", *Revista dos Transportes Públicos*, v. 27, pp. 49-68.
- FERRAZ, A. C., TORRES, I. G., 2004, *Transporte Público Urbano*. 2 Ed. São Carlos - SP, Rima Edições.
- FERREIRA, E. A., 1999, *Um método de utilização de dados de pesquisa embarque/desembarque na calibração de modelos de distribuição gravitacional*. Dissertação M.Sc., Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Paulo – SP, Brasil.

- FERREIRA , E.A. & KAWAMOTO. E., 1998, “Elaboração de matriz O/D das linhas de transporte público de passageiros usando dados de embarque-desembarque: análise comparativa de três métodos”, *IX Congresso Latino Americano Del Transporte Público y Urbano*, CD ROM, Guadalajara, México.
- FLETCHER, D., 1987, *Modeling GIS Transportation Networks*. 2 Ed. Los Angeles, CA, USA, URISA Proceeding.
- GONÇALVES, R. C., 2003, “Metodologia para Traçado de Itinerários de Linhas Tronco Alimentadoras para o Transporte Público de Passageiros”. Dissertação M.Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.
- KAGAN, H.; ROSSETO, C.F.; CUSTÓDIO, P.S. *et al.*, 1992, “Uso de Sistemas de Informações Geográficas no Planejamento de Transportes”. In: anais do *VI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET*, v.2, pp. 894-909, São Paulo - SP, Brasil.
- KAWAMOTO, E., 1994, “Verificação da matriz ponto-de-origem / ponto-de-destino de uma linha de transporte coletivo obtida a partir de dados de embarque-desembarque”. In: anais do *VIII Encontro Nacional da ANPET*. v. II, pp. 41-50, Recife – PE, Brasil.
- LOUREIRO, C.G., RALTON, B. A., 1996, “SIG como Plataforma para Modelos de Análise de Redes de Transportes”. In: anais do *X Congresso da Associação Nacional de Ensino e Pesquisa - ANPET*, vol. 1, pp. 235-244, Brasília, Brasil.
- MELO, R. L. C., 2006, “Distritos Industriais e Impactos Sócio-Econômicos Espaciais: O caso da Zona Especial de Negócios - RJ”, *Revista Petro&Química*, nº284, pp. 66 – 71.
- MELO, R. L. C., 2007, “Diagnóstico de Sistema Integrado de Transporte com uso de Sistema de Informação Geográfica: o caso do transporte coletivo de Macaé – RJ”. *XXI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET*, CDROM, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

- MELO, R. L. C., 2008, “Diagnóstico de sistema integrado de transporte de passageiros com uso de sistema de informação geográfica: o caso da cidade de Macaé – RJ – Brasil”, *Revista Proyección*, nº 4, pp. 21 – 38.
- MENEZES, P. M. L., 2005, *Apostila da disciplina de Cartografia Temática*.
- NASSI, C. D. *et al*, 1994, “Adaptação Gráfica de uma Base Cartográfica de um Município voltada para os Problemas de Transporte Público”. In: *anais do VIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET*, p. 541-550, Recife – PE, Brasil.
- NOVAES, A. G., 1986, *Sistemas de Transporte*, v. 1, 2 Ed. São Paulo - SP, Edgard Blücher.
- ORTÚZAR, J., WILLUMSEN, L. G., 1996, *Modelling Transport*. 2 ed. Great Britain, John Wiley & Sons.
- ROSA, M. V & FERRONATTO, 2007, “A utilização de pesquisas de embarque e desembarque no auxílio ao desenvolvimento de projetos de transporte público”. *XXII Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes – ANPET*, CT210, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.
- SHAW, S., 2001, *Geographic Information System for Transportation: Principles and Applications*. 1 Ed. New York, Oxford University Press.
- SILVA, A.N.R E S.H.S, MOTTA,1995, “Avaliação do Desempenho de um Sistema de Transporte Público Urbano com o Auxílio de um Software para Sistemas de Informação Geográfica”. In: *anais do IX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET*, v. 3, pp. 1154-1160, São Carlos – SP, Brasil.
- SIMON, J. & FURTH, P.G.,1985, “Generating a bus route O-D matrix from on-off data”. *ASCE Journal of Transportation Engineering*, v. 111, nº 6, pp. 583-593.
- STAMM-JÚNIOR, M. C., 2002, *Contribuição Metodológica para Alocação de Viagens Urbanas Utilizando Pares de Origem-Destino com Base nas Unidades de Logradouro Dentro de um Contexto de Sistema de Informações Geográficas*. Tese D. Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

TYNER, J.,1992, *Introduction to Thematic Cartography*, 2 Ed. New Jersey, Prentice Hall Englesood Cliffs.

YAMASHITA, Y. *et al*, 2007, “Modelagem raster para distribuição de viagens urbanas”.  
In: anais do *XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 21, pp. 5107-5114, Florianópolis - SC, Brasil.

XAVIER-DA-SILVA, J., 2001, *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. 1 Ed. Rio de Janeiro – RJ, UFRJ.