



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

ANDERSON TAVARES DE FREITAS

**METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DO SISTEMA
DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS A PARTIR DOS DADOS DA
BILHETAGEM ELETRÔNICA**

FORTALEZA

2015

ANDERSON TAVARES DE FREITAS

METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS A PARTIR DOS DADOS DA
BILHETAGEM ELETRÔNICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Bruno Vieira Bertoncini, D.Sc.

FORTALEZA - CEARÁ

JUNHO/2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F936m Freitas, Anderson Tavares de.

Metodologia de caracterização da problemática do sistema de transporte público de passageiros a partir dos dados da bilhetagem eletrônica / Anderson Tavares de Freitas. – 2015.
98 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2015.

Orientação: Prof. Dr. Bruno Vieira Bertoncini.

1. Planejamento. 2. Transporte Público. 3. Bilhetagem Eletrônica. 4. Smartcard. 5. Matriz OD. I. Título.
CDD 388

ANDERSON TAVARES DE FREITAS

METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DO SISTEMA DE
TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS A PARTIR DOS DADOS DA
BILHETAGEM ELETRÔNICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.
Área de concentração: Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes.

Orientador: Prof. Bruno Vieira Bertoncini, D.Sc.

Aprovada em: 12/06/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Bruno Vieira Bertoncini, D.Sc.. (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Mario Angelo Nunes de Azevedo Filho, D.Sc. (Examinador Interno)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Cira de Souza Pitombo, D.Sc. (Examinador Externo)

Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP)

À Tereza, Pedro, Adriano e Livia

AGRADECIMENTOS

À Deus, que vem possibilitando toda conquista desde o meu simples acordar até a realização de meus projetos pessoais e profissionais;

Aos meus pais, que vem me amando, orando por mim, e principalmente sendo pacientes comigo;

Ao meu irmão Adriano, que me explicou a matemática quando criança, fazendo com que nascesse em mim essa paixão por números, e me ensinou o que é dedicação;

À Lívia Gabrielle, meu mais sincero obrigado por me acompanhar, me suportar, me apoiar, me amar, por construir essa dissertação junto comigo;

Ao meu orientador, prof. D. Sc. Bruno Vieira, pelas broncas e puxões de orelhas que me deu, principalmente por ser tão atencioso ao longo dessa caminhada;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – PETRAN, obrigado a todos os professores, fazer parte dessa casa é uma experiência incrível;

Ao prof. D.Sc. Mário Angelo, que com sua atenção, conhecimento e carinho contribuiu bastante para o desenvolvimento dessa pesquisa;

Ao prof. D.Sc. Felipe Loureiro que com suas palavras e olhares me orientou tanto no desenvolvimento desta pesquisa quanto na orientação da minha caminhada pessoal;

Ao Abner, que durante esse período esteve comigo fornecendo um ombro amigo e uma cerveja para aliviar essa caminhada;

Ao Ezequiel, que virou noites, compartilhou lamentos e suportou junto comigo esse percurso para alcançar o desenvolvimento profissional e acadêmico;

Ao George, Humberto, Roberto, Helry, amigos do PETRAN que acompanharam de perto esse percurso;

Aos meus amigos do PAITT da Prefeitura Municipal de Fortaleza, Janailson, Gustavo, Marcos, Diego, Fernanda, Lara, Tais, Amanda, Saskia, Ezequiel, Dante, Beatriz, Victor, Andreazo, Marcelo, Luis, que participaram do meu crescimento profissional e pessoal;

À profª. D.Sc. Cira Souza Pitombo, por aceitar o convite de fazer parte desse processo de formação do meu conhecimento;

À Prefeitura Municipal de Fortaleza, em especial à ETUFOR, na pessoa do Luis e ao Ferreira por possibilitar a construção dessa dissertação;

Ao Sindiônibus por contribuir e ser bastante solícito na disposição das informações;

Enfim, a todos os amigos que ganhei durante este curso, pois essa conquista tem a participação de cada um deles.

““If you can't explain it simply, you don't understand it well enough.” Albert Einstein

RESUMO

O Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) produz informações acerca das viagens realizadas no Sistema de Transporte Público. A armazenagem desses dados produz séries históricas que podem ser utilizadas para o cálculo de estatísticas, obtendo-se padrões de comportamento de viagens. De fato, o SBE produz dados de qualidade e de fácil reprodução. O uso desse sistema no Brasil já está consolidado nos sistemas de transporte público de várias cidades. No entanto, é constatada a utilização da bilhetagem eletrônica apenas para o controle do embarque e da arrecadação do transporte público. Dessa forma, observada a dificuldade de caracterização do Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP) decorrente da coleta de dados e face o potencial disponível para a utilização das informações da bilhetagem eletrônica, este trabalho propõe-se a averiguar a capacidade desse sistema em fornecer informações relevantes na etapa de caracterização, dentro do processo de planejamento de transportes. Por conseguinte, tem-se que o objetivo principal dessa pesquisa constitui-se em propor uma metodologia de caracterização da problemática do Sistema de Transporte Público de Passageiros a partir dos dados da bilhetagem eletrônica. Em complementação, buscou-se reconstituir a matriz origem-destino que congrega os fluxos observados. Utilizando a metodologia proposta nesse trabalho para a caracterização do STPP juntamente com dados de validações das viagens realizadas no transporte público na cidade de Fortaleza, obtivemos resultados específicos sobre o transporte público da cidade. Além disso, comprovamos a efetividade da metodologia, através da validação da matriz obtida pelo SBE. Dessa maneira, obtivemos os seguintes resultados: comportamento da demanda ao longo do tempo e do espaço; número de viagens realizadas por linha e por tipo usuário; comparativo da origem da viagem com domicílio do usuário; e recuperação da matriz origem-destino do transporte público.

Palavras Chave: planejamento, caracterização, bilhetagem eletrônica, smartcard, matriz od, transporte público.

ABSTRACT

The Automated Fare Collection (AFC) produces information about the trips made in the Public Transportation System (PTS). The storage of such data produces time series which can be used to calculate statistics, yielding travel behavior patterns. Indeed, the AFC produces quality and easily reproducible data and its use is well established in the PTS of several cities in Brazil. However, it is used only for controlling the board and the collection of public transit. Thus, considering the difficulty of characterizing the PTS due to data collection and before the potential available for the use of AFC information, this work proposes to investigate the AFC's ability to provide relevant information on the characterization step in the planning transportation process. To sum up, the main goal of this research is to propose a methodology for characterization of the Public Transportation System from the Automated Fare Collection. Furthermore, we also seek to trace the origin-destination matrix which brings together the observed flows. Using the methodology proposed to characterize the PTS along with data validations of trips made on the public transport in the city of Fortaleza, we obtained specific results about public transport in the city. In addition, we confirmed the effectiveness of the methodology, by validating the matrix obtained from the AFC. In this way, we obtained the following results: demand behavior over time and space; number of trips made by line of bus and by user type; comparison between the origin of trip and the user's domicile; and recovery of the origin-destination matrix of public transport.

Keywords: planning, characterization, automated fare collection, smartcard, matrix, public transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de Planejamento (Adaptado de Soares, 2014)	20
Figura 2 - a) Representação gráfica das demandas; b) Representação matricial de demandas (Fonte: Bertoncini, 2007)	23
Figura 3 - Sistema de Bilhetagem Eletrônica (Fonte: Adaptado de Pelletier et al., 2011)	25
.....	25
Figura 4 - Componentes da cadeia de deslocamento de um indivíduo X	31
Figura 5 - Estimção do ponto de destino do desembarque (Fonte: Guerra et al., 2013)	32
.....	32
Figura 6 - Metodologia Proposta para Caracterização da Problemática do STPP.....	36
Figura 7 - Áreas de operação do SIT-FOR	39
Figura 8- Síntese da associação das coordenadas e zonas	43
Figura 9 – Variação mensal do total de validações no ano de 2014	47
Figura 10 - Variação mensal do total de validações por tipo de tarifa no ano de 2014..	47
Figura 11 - Validções ocorridas ao longo dos dias em setembro/2014.....	52
Figura 12 - Número de validções no SBE por faixa horária (15/09/2014)	55
Figura 13 - Demanda por faixa horária por tipo de tarifa (15/09/2014)	56
Figura 14 - Número de validções por faixa horária na Linha 075	57
Figura 15 - Total de validções no dia 15/09/2014.....	59
Figura 16 -Total de validções na faixa de 05h às 08h do dia 15/09/2014.....	61
Figura 17 - Total de validções na faixa de 16h às 19h do dia 15/09/2014.....	61
Figura 18 - Total de validções ocorridas às 05h do dia 15/09/2014	62
Figura 19 - Total de validções ocorridas às 06h do dia 15/09/2014	63
Figura 20 - Mapas de linhas de maior carregamento	65
Figura 21 – Histograma da quantidade de validções por usuário	67
Figura 22 - Histograma da quantidade de viagens por usuário.....	68
Figura 23 - Histograma da quantidade de integrações por usuário.....	68
Figura 24 - Quantidade de validções por usuários período de 15/09/14 à 19/09/14 – a) todas as validções por usuário; b) viagens por usuário; c) integrações por usuário	69
Figura 25 - Linhas de desejo considerando 87 a 152 viagens/dia.....	73
Figura 26 - Linhas de desejo considerando 152 a 890 viagens/dia.....	74
Figura 27 – Sobreposição das linhas de desejo com o total de emprego por bairro	75
Figura 28 - Trechos ao longo do itinerário da linha 709.....	77

Figura 29 - Valor recuperado/SBE vs valor observado da linha 709	77
Figura 30 - Mapa de itinerário do conjunto de linhas amostrado	78
Figura 31 - Valor recuperado/SBE vs valor observado (a) Linha 706; (b) Linha 709; (c) Linha 713; (d) Linha 755; (e) Linha 759; (f) Linha 710	79
Figura 32 - Valor recuperado/SBE vs valor observado considerando todas as linhas....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estudos no nível estratégico (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011).....	27
Tabela 2 - Estudos no nível tático (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011).....	28
Tabela 3 - Estudos no nível operacional (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011) ...	29
Tabela 4 – Exemplo da cadeia de deslocamento no transporte público	31
Tabela 5 – Exemplo de Cadeia de Deslocamentos sem validação no desembarque	32
Tabela 6 - Amostra do banco de dados de validações	41
Tabela 7 - Amostra do banco de dados de GPS.....	42
Tabela 8 - Associação das coordenadas geográficas	43
Tabela 9 – Estatísticas do Ano de 2014 do SIT-FOR.....	45
Tabela 10 - Total de validações por mês por tipo de tarifa no ano de 2014	46
Tabela 11 - Proporção de validações de Integração temporal no ano de 2014.....	48
Tabela 12 - Proporção de validações por uso do <i>smartcard</i> no ano de 2014	49
Tabela 13 - - Uso do cartão por tipo de usuário durante no ano de 2014	50
Tabela 14 - Estatísticas do mês de setembro/2014 do SIT-FOR	52
Tabela 15 – Uso por tipo de tarifa no mês de setembro/2014 no SIT-FOR	53
Tabela 16 – Uso da integração temporal no mês de setembro/2014 no SIT-FOR	53
Tabela 17 - Uso do cartão durante por tipo de dia no mês de setembro/2014 no SIT- FOR	54
Tabela 18 – Linhas com maior número de usuários	65
Tabela 19 – Linhas com maior ocorrência de integração temporal	65
Tabela 20 - Comparação do primeiro embarque com o local de residência.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.3	OBJETIVOS.....	16
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2	PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO	18
2.1	VISÃO GERAL DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO	18
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	21
2.3	SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA	24
2.3.1	Bilhetagem Eletrônica no Transporte Público Urbano	24
2.3.2	Bilhetagem Eletrônica no planejamento do STPP	26
3	INFORMAÇÕES GERADAS PELA BILHETAGEM ELETRÔNICA	30
4	PROPOSTA METODOLÓGICA	33
4.1	PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES	33
4.2	DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO	35
5	ESTUDO DE CASO	38
5.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA ESTUDADO.....	38
5.2	DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS VALIDAÇÕES.....	44
5.2.1	Distribuição temporal ao longo do ano	45
5.2.2	Distribuição das validações ao longo do mês.....	51
5.2.3	Distribuição temporal das validações ao longo do dia.....	54
5.3	DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS VALIDAÇÕES	58
5.3.1	Distribuição espaço-temporal das validações totais no dia.....	58
5.3.2	Distribuição espaço-temporal das validações por hora	60
5.4	QUANTIDADE DE VALIDAÇÕES.....	63
5.4.1	Número médio de viagens por linha	64
5.4.2	Número médio de viagens por usuário.....	66
5.5	RECUPERAÇÃO DA MATRIZ ORIGEM DESTINO.....	70
5.5.1	Local de Residência Vs Primeiro Embarque	71

5.5.2	Recuperação da Matriz Origem Destino	72
5.5.3	Validação do método proposto de recuperação da Matriz OD	75
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
6.1	CONCLUSÕES.....	81
6.2	RECOMENDAÇÕES	84
7	REFERÊNCIAS	86
8	APÊNDICE	89
8.1	APÊNDICE – A: TOTAL DE VALIDAÇÕES POR DO DIA 15/09/2014	89
9	ANEXO.....	97
9.1	ANEXO A - Formulário de Pesquisa Origem e Destino por trecho (página 1)..	97

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Sistema de Transporte Público de Passageiros (STPP) é importante para a mobilidade urbana, pois assegura o deslocamento diário de pessoas que desenvolverão suas atividades rotineiras. Estima-se que no Brasil, cerca de 30% das viagens diárias são feitas por este sistema (ANTP, 2012). Ademais, o STPP possui função de promover a racionalização do espaço viário, pois em um mesmo quilômetro de via, são transportadas muito mais pessoas por esta modalidade, do que por transporte privado, por exemplo.

Mobilidade urbana é a capacidade de atender a necessidade de deslocamento da sociedade a fim de realizar as atividades desejadas. Em muitas cidades, o transporte público pode representar mais da metade das viagens motorizadas (ANTP, 2012). Além disso, devido a fatores socioeconômicos, a maioria dos usuários do transporte público depende exclusivamente desse serviço para realizar suas viagens.

Por outro lado, o espaço urbano é um elemento chave para a organização social e é um dos indicadores de qualidade de vida da população. Muito do espaço é destinado à infraestrutura viária do sistema de transporte (estacionamentos, terminais, obras de artes e vias). Assim, dada a limitação do recurso, o transporte público torna-se uma alternativa racional em termos de ocupação de espaço (pessoa/m²) e viária (pessoas/km).

Efetivamente o STPP exerce grande influência na mobilidade urbana, devendo ser objeto de atenção no processo de planejamento, a fim de proporcionar desenvolvimento sustentável da cidade e oferecer oportunidades justas para toda a sociedade.

Segundo Soares (2014), o planejamento envolve antever e diagnosticar problemas, mobilizar recursos para corrigir e transformar positivamente as situações indesejáveis e socialmente injustas. Esse processo pode ser resumido em duas grandes fases: (i) fase de compreensão da problemática; e (ii) fase de proposição de soluções. A avaliação e proposição assertiva de soluções só são efetivamente possíveis através de uma profunda compreensão da problemática, visto que identificação, mensuração

(quantificação e qualificação) e validação dos problemas são realizadas na fase de compreensão.

A fase de compreensão da problemática pode ser sistematizada em três etapas: (a) identificação; (b) caracterização; e (c) diagnóstico. A etapa de identificação busca contextualizar o objeto de estudo, identificar os atores envolvidos e juntamente com eles levantar os problemas, envolvendo o objeto de estudo, e, por fim, representar e pré-validar os problemas. Já a etapa de caracterização envolve propor indicadores que possam mensurar os problemas levantados na etapa de identificação, definir as variáveis dos indicadores, coletar dados, descrever e validar a situação atual. Por sua vez, a etapa de diagnóstico envolve comparar o valor do indicador levantado na etapa de caracterização com a visão da comunidade sobre fenômeno representado pelo indicador, estabelecer relações de causas e efeitos e validar a problemática.

Dado os problemas identificados na primeira etapa, é necessário avaliar quantitativamente e/ou qualitativamente esses problemas, através da formulação de indicadores que retratam a situação atual do mesmo. Tal procedimento faz parte da etapa de caracterização. Os indicadores são alimentados por variáveis que são coletadas por métodos distintos, mas também as variáveis por si só retratam características do objeto de estudo, revelando, assim, o seu comportamento.

Os indicadores são principalmente usados na etapa de caracterização da problemática, mas também podem ser usados na avaliação de alternativas de ação, bem como no monitoramento das soluções implantadas. Isso se deve por que eles retratam a situação atual na qual o objeto em análise está inserido. Portanto, a coleta de dados para alimentar esses indicadores se torna essencial para analisar o sistema.

A maioria dos STPP das médias e grandes cidades brasileiras – 77% das cidades brasileiras com mais de 50 mil habitantes (Martinelli e Aroucha, 2012) – possui Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE). Esse sistema consiste na aquisição de créditos de viagens antecipadamente, que são gravados em dispositivos especiais, utilizados pelos usuários para entrar no sistema. Ao apresentar o dispositivo no validador, o mesmo será válido, liberando o acesso. Esse processo é realizado sucessivamente a cada embarque, sendo que ao final da operação as informações são coletadas.

Por meio do SBE são geradas várias informações relacionadas às viagens dos passageiros do transporte público. Tais dados, geralmente, correspondem ao identificador do usuário, tipo de pagamento, linha utilizada, horário do embarque,

veículo utilizado, local do embarque, local do desembarque e outras informações a depender do sistema.

Acredita-se que o SBE seja um elemento importante ao processo de planejamento, pois o mesmo fornece uma grande quantidade de dados, referentes às viagens realizadas no STPP, no tempo e no espaço. Observa-se que o planejamento do STPP é essencial para garantir melhorias à mobilidade urbana, devido sua influência sobre a mesma. Sendo assim, envidar esforços na compreensão desta problemática torna-se atividade chave. Nesse processo, a etapa de caracterização é responsável pela medição (quantitativamente e/ou qualitativamente) dos problemas e, também, por gerar insumos para avaliação de alternativas e monitoramento da situação em análise. A caracterização do STPP está condicionada aos dados, que podem ser coletados, ou que estão disponíveis, reforçando a importância do SBE no planejamento.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Um sistema de transporte pode ser dividido em elementos de oferta e elementos de demanda, a caracterização desses elementos deve utilizar métodos que produzam dados de qualidade, confiáveis e representativos. É verificado que os dados de demanda são de difícil coleta em comparação aos dados de oferta. De fato, a informação acerca da oferta já está disponível quando se planeja a operação, não havendo grande variação ao longo do tempo, ao contrário dos dados de demanda que não estão facilmente disponíveis e possuem grande variação temporal e espacial.

Os métodos tradicionais de coleta de dados, normalmente baseados em pesquisa de campo, são onerosos e despendem muito tempo para sua aplicação e tratamento, resultando, geralmente, em amostras pequenas. Além disso, é comum a necessidade de frequente atualização das informações, o que muitas vezes é inviabilizado pela impossibilidade de se empreender novas coletas. Efetivamente, a obtenção de dados é dificultosa e, em muitos casos, limita a caracterização.

Por outro lado, vários STPP utilizam SBE, principalmente para validação da entrada e controle da arrecadação do sistema. Todavia, com as informações coletadas do SBE é possível obter dados que possam ser empregados para caracterização das viagens. Vários indicadores e variáveis podem ser obtidos a partir do SBE, por exemplo: quantidade de passageiros por linha; a quantidade de passageiros por ponto de parada; perfil de carregamento da linha, dentre outros. Cada embarque registrado

corresponde a um indivíduo que utilizou o sistema, em virtude disso as informações da viagem (hora, local, linha, etc) são relacionadas ao passageiro, ao ponto que é possível a reconstituição dos deslocamentos realizados pelo indivíduo e, conseqüentemente, a obtenção do fluxo de viagens realizadas no STPP.

O SBE pode ser assumido como um sistema automático de coleta de dados, ou seja, possui pouco ou nenhum manuseio. Sistemas automatizados não só reduzem possíveis erros de coleta, mas também produzem dados diariamente, o que facilita a atualização de indicadores e variáveis. Com efeito, a armazenagem desses dados produz séries históricas que podem ser utilizadas como estatísticas do sistema para obtenção de padrões de comportamento da viagem. Além disso, esse sistema registra os embarques de todos os usuários que utilizam o STPP. Contrariamente aos métodos que adotam a hipótese de representatividade amostral, na qual o único dia de pesquisa de campo e a parcela dos usuários entrevistados são representativos das viagens realizadas.

De fato, o SBE produz dados representativos e de fácil reprodução. De acordo com Martinelli e Aroucha (2012) o uso desse sistema no Brasil já está consolidado nos sistemas de transporte público de várias cidades. No entanto, é constatada a utilização desse sistema apenas para o controle do embarque e da arrecadação do transporte público. Dessa forma, observada a dificuldade de caracterização do STPP decorrente da coleta de dados e face o potencial disponível para a utilização das informações do SBE, este trabalho propõe-se averiguar a capacidade do SBE em fornecer informações relevantes na etapa de caracterização, dentro do processo de planejamento de transportes.

1.3 OBJETIVOS

Em face do problema apontado, tem-se que o objetivo principal dessa pesquisa constitui-se em propor uma metodologia de caracterização da problemática do Sistema de Transporte Público de Passageiros a partir dos dados da bilhetagem eletrônica.

De modo a alcançar o objetivo principal estabelecido, os seguintes objetivos específicos foram considerados:

- Analisar o papel do SBE para o planejamento do sistema de transporte, destacando suas principais aplicações nos níveis estratégico, tático e operacional;
- Analisar quais variáveis e indicadores podem ser coletados a partir de um SBE;

- Propor e validar procedimento para obtenção dos valores das variáveis e indicadores para caracterização do STPP;
- Propor e validar procedimento para reconstituição dos fluxos OD a partir dos dados do SBE;
- Demonstrar que os dados do SBE podem ser usados para caracterização do STPP, através da aplicação da metodologia desenvolvida.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 1: introduz-se o contexto a qual se insere essa pesquisa de mestrado, bem como a problemática que motivou a pesquisa, apresentando os objetivos geral e específico;

Capítulo 2: neste capítulo, é sintetizado o aspecto teórico e metodológico das categorias que servirão de sustentáculo para a pesquisa. Desta forma, dar-se-á ênfase na abordagem da visão geral do processo de planejamento, em seguida foca-se na etapa de caracterização do transporte público, e, por último, são abordados os principais elementos da Bilhetagem Eletrônica e são analisados os principais trabalhos que utilizaram esses dados para o processo de planejamento;

Capítulo 3: apresenta as principais informações geradas pelo Sistema de Bilhetagem Eletrônica, o conceito de cadeia de deslocamento e como se estimar a origem e destino das viagens com base nesses dados;

Capítulo 4: detalha a metodologia para caracterização da problemática do transporte público com base nos dados da bilhetagem eletrônica utilizada nesse trabalho;

Capítulo 5: aplicação da metodologia no estudo de caso da cidade Fortaleza para a caracterização do transporte público;

Capítulo 6: são apresentadas as conclusões e recomendações.

2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

2.1 VISÃO GERAL DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Em termos de uma nação ou uma região, o planejamento de transporte só terá sucesso se ele estiver integrado ao planejamento social e econômico da mesma, pois o transporte por si só não assegura o desenvolvimento socioeconômico do ambiente no qual está inserido. Seu papel precípua é propiciar condições para que o planejamento social e econômico tenha sucesso. O sucesso deste último é que dá a medida do sucesso do planejamento de transporte (Kawamoto, 1994).

Ainda segundo Kawamoto (1994), um sistema é definido como um conjunto de partes que se interagem de modo a atingir um determinado fim, de acordo com um plano ou princípio. Especificamente no meio urbano, o sistema de transporte é um subsistema pertencente ao sistema da cidade, e, como parte do todo, mantém uma relação de interação (influencia e é influenciado) com todos outros subsistemas que compõe o ambiente urbano.

De fato, a problemática da mobilidade urbana envolve mais do que a preocupação com o sistema de transporte em si (vias, terminais e veículos). A capacidade de deslocamentos das pessoas e mercadorias é influenciada também por outros sistemas que compõe a cidade, e, em especial com o sistema de atividades.

A necessidade de deslocamento é consequência da distribuição das atividades pela cidade e que, por outro lado, o próprio sistema de transportes, no qual ocorrem esses deslocamentos, influencia a distribuição dessas atividades. Admitida a relação entre os dois sistemas, torna-se evidente incorporar aspectos relacionados ao uso do solo e suas interações com o sistema de transportes no processo de planejamento da mobilidade (Soares, 2014).

O sistema de mobilidade urbana é um facilitador do sistema urbano, sendo um subsistema deste, com grande autonomia de organização, mas também com fortes relações simbióticas com outros subsistemas (uso do solo, meio ambiente, telecomunicações, segurança, educação, etc.), atuando como alicerce na construção do

cotidiano urbano e, contribuindo na sua configuração por meio da interação com o uso do solo e os demais subsistemas (Soares, 2014).

A principal característica introduzida para que o sistema de transporte proporcione o máximo de benefícios sociais e econômicos, é a ênfase ao diagnóstico, etapa do processo de análise do sistema de transporte que é interdisciplinar e participativa por natureza, viabilizando a participação de segmentos da sociedade na discussão do mesmo. Desde que as etapas subsequentes do planejamento sejam calcadas no diagnóstico, a identificação dos problemas e a geração de alternativas não serão conduzidas em um contexto idealizado, e sim baseadas nas análises e discussões conduzidas na fase do diagnóstico. Com isso a credibilidade e a aceitabilidade política são fortalecidas (Kawamoto, 1994).

A metodologia proposta por Soares (2014) para o processo de planejamento da mobilidade possui uma abordagem sistêmica, direcionada à análise do problema como um todo, preocupando-se com as interfaces entre suas diversas partes, pela reunião dos atores da problemática, pelo estabelecimento de uma linguagem comum entre os mesmos, pela priorização da compreensão e mensuração dos problemas antes da definição de objetivos. Por essas razões, a proposta metodológica de Soares (2014) será utilizada no decorrer dessa pesquisa.

De acordo com Soares (2014), o processo de planejamento pode ser resumido em duas grandes fases: (i) fase de compreensão da problemática; e (ii) fase de proposição de soluções. A fase de compreensão da problemática refere-se ao diagnóstico do objeto de estudo, tendo-se em vista a situação presente e o futuro previsível. Uma vez diagnosticados os problemas, passa-se para a segunda fase, que trata da formulação de alternativas, análise dos impactos das estratégias de tomada de decisão, execução e monitoramento das alternativas. O fluxograma com as fases e etapas do processo de planejamento é apresentado na Figura 1.

Pode-se definir problema como a diferença entre o atual estado do sistema e o estado desejado ou estipulado como referência. Na etapa de identificação de problemas, procura-se definir o objeto de estudo através de uma contextualização, em seguida identifica-se os atores e juntamente com os mesmos prossegue-se com o levantamento dos problemas envolvendo o objeto de estudo, depois se deve classificar e/ou hierarquizar os problemas a fim de uma melhor representação e, por último, realiza-se uma pré-validação dos problemas.

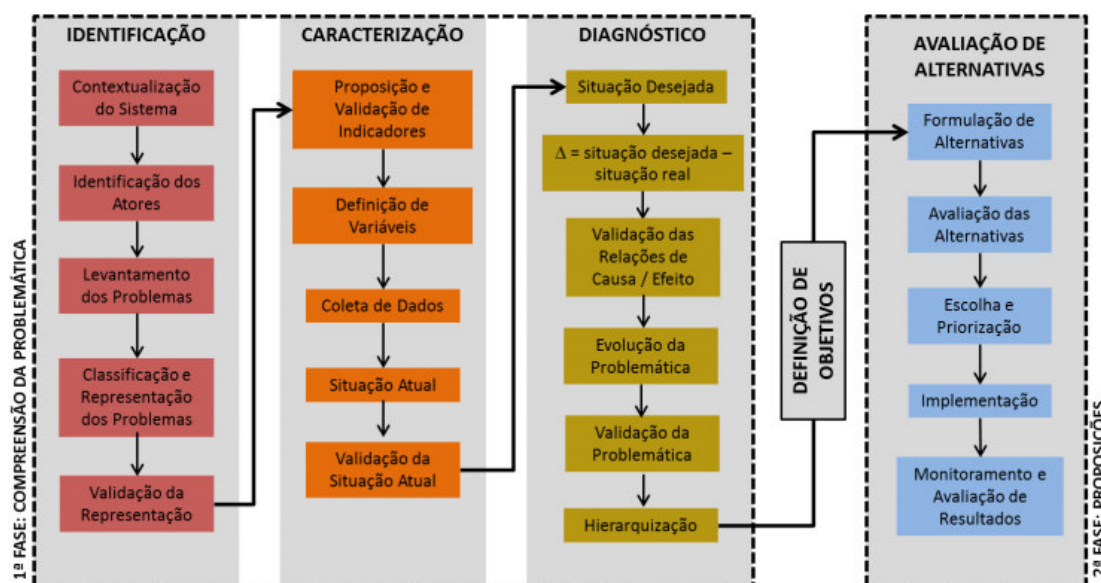


Figura 1 - Processo de Planejamento (Adaptado de Soares, 2014)

A etapa de caracterização envolve a formulação de indicadores capazes de mensurar os problemas percebidos pelos atores, em seguida definem-se as variáveis que irão alimentar os indicadores, logo após realiza-se a coleta de dados através de métodos próprios, e, ao final desse processo é obtido a situação atual do objeto de estudo que deverá ser validada.

Em sequência, a etapa de diagnóstico envolve comparar o valor do indicador levantado na etapa de caracterização, com a visão da comunidade sobre fenômeno representado pelo indicador, seguido do estabelecimento de relações de causas e efeitos e validação da problemática. Por fim a fase de proposições de soluções.

Contudo, vale destacar que a metodologia de caracterização do STPP a partir dos dados do SBE, proposta dessa pesquisa de mestrado, se encaixa na etapa de caracterização de problemas que faz parte do processo de planejamento proposto por Soares (2014). Acredita-se que a caracterização do STPP amplifica seu potencial de desenvolvimento quando utilizada em conjunto com dados provenientes do SBE, que trazem importantes informações sobre o sistema de transporte em análise. Tal processo faz da caracterização de um STPP um caso particular do planejamento de um sistema de transporte, soma-se a isso o fato de o STPP concentrar parcela significativa de viagens em áreas urbanas, acima de 60 mil habitantes (Vasconcellos, 2013).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Conforme descrito por Soares (2014) e sintetizado na Figura 1 (etapa de Caracterização da Fase 1), a etapa de caracterização da problemática tem por finalidade a estruturação das percepções dos atores em valores que sejam capazes de expressar analiticamente os problemas identificados através de suas características. Espera-se com isso, possibilitar o estabelecimento da situação real do sistema de mobilidade urbana para efeitos de comparação com as necessidades, desejos ou expectativas da comunidade e, para tanto, faz-se necessário o uso de indicadores capazes de representar os problemas relacionados à mobilidade.

O primeiro passo na etapa de caracterização consiste da formulação de indicadores. Os problemas identificados na etapa anterior devem ser mensurados, de tal forma, que cada problema esteja representado por, no mínimo, um indicador. Ressalta-se que o indicador deve funcionar como termômetro do problema, ao analisar o valor do indicador deve-se estar analisando o tamanho do problema. Recomenda-se relacionar indicadores com problemas, a fim de evitar redundâncias (indicadores excessivos que buscam “mensurar” um determinado problema, mas que na prática não agregam valor, isto é diferente do caso em que um mesmo indicador “mensura” mais de um problema), dificuldade de interpretação e assimetria de qualidade e profundidade de análise.

O segundo passo é a definição de variáveis, componente mais básico de um indicador. Como descrito por Magalhães (2004), os dados representam qualidade ou quantidade específica atribuída a uma característica de um fenômeno. Desta forma, um fenômeno, pode ser representado através de diversos dados. No entanto, de acordo com o nível de análise, a representação através de uma grande quantidade de dados é contraproducente e pouco ajuda no processo de tomada de decisão. É nesta lacuna de elementos de síntese que os indicadores desempenham seu papel.

O próximo passo é a coleta de dados, os dados devem ser coletados através de métodos confiáveis a fim de que possam reproduzir dados de qualidade e com nível de agregação adequado para análise. Os dados podem ser coletados através de pesquisas de campo, por meio manual ou por meios automatizados. Em se tratando de sistemas automáticos, faz-se aqui referência aos dados provenientes do Sistema de Transporte Público de Passageiros, de acordo com Bagchi e White (2005), a quantidade de observações, referentes às viagens realizadas no transporte público, no tempo e no espaço coletada através do Sistema Bilhetagem Eletrônica chega ser maior do que

qualquer outro tipo de coleta, evidenciando o potencial da bilhetagem eletrônica para o levantamento de dados que podem ser utilizados na caracterização do STPP.

Por último, os passos finais são a obtenção da situação atual e validação da mesma. Após coletar os dados que irão alimentar os indicadores, é obtida a situação a qual se encontra a problemática. O retrato obtido através da mensuração dos valores dos problemas deve ser validado pelos atores. Em síntese, após a realização desses passos se encerra a etapa de caracterização da problemática, devendo-se prosseguir o processo de planejamento com a etapa de diagnóstico.

De acordo com Kawamoto (1994), o conhecimento da demanda por transporte de uma região ou de uma cidade é indispensável ao planejamento de transportes, na medida em que ele mostra os potenciais deslocamentos de pessoas ou de mercadorias num espaço físico, ajudando a estabelecer prioridades no atendimento, e a dimensão da oferta de transportes, além de indicar a quantidade e a localização, atual ou futura, da população beneficiada por um determinado projeto de transporte.

De fato, a caracterização da demanda resulta no retrato da situação atual do sistema em análise. Por outro lado, os mesmos indicadores e variáveis caracterizantes da demanda são fundamentais para modelagem da mesma, através do estabelecimento de relações entre os fatores condicionantes da demanda (localização das atividades, variáveis socioeconômicas e outros) com as próprias características das viagens. De tal forma que a modelagem possibilite a compreensão dos determinantes da demanda e a interação entre os mesmos.

A demanda por transportes pode ser definida como o desejo de uma pessoa ou grupo de pessoas de se locomoverem ou locomover algum outro bem, de um lugar para outro, em um determinado momento e, em complementação à demanda, esta pode estar relacionada a uma dada modalidade de transporte e a uma determinada rota (Kanafani, 1983). A forma mais usual de representá-la é através de uma matriz contendo os pares OD e as respectivas viagens entre estes, também denominada matriz de viagens ou matriz OD. Uma matriz OD é uma forma bidimensional de agrupar as viagens entre cada origem (linhas, i) e cada destino (colunas, j). Portanto, o valor da célula ij representa a quantidade de veículos, caso esteja sendo consideradas viagens veiculares, para aquele intervalo de tempo que viajam entre este respectivo par OD (ij). Tal procedimento está sintetizado na Figura 2.

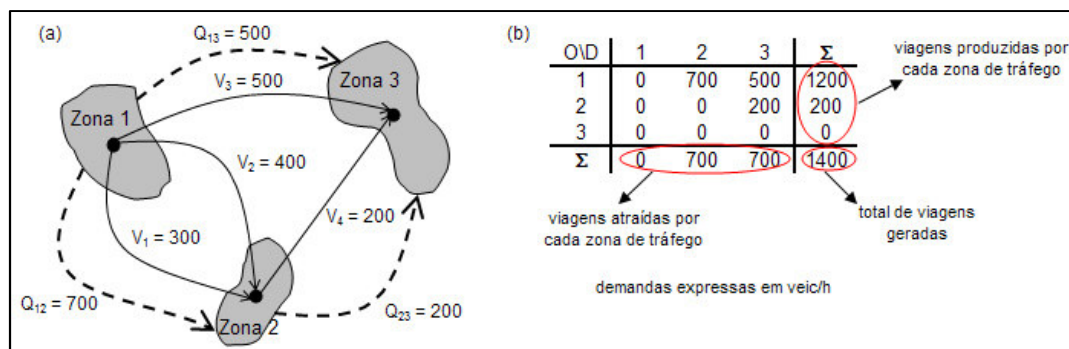


Figura 2 - a) Representação gráfica das demandas; b) Representação matricial de demandas (Fonte: Bertoni, 2007)

Tradicionalmente, as demandas são estimadas em função de um modelo sequencial de quatro etapas (geração de viagens; distribuição de viagens; divisão modal; alocação do tráfego) e que necessita da aplicação de pesquisas do tipo origem-destino, de forma a obter as informações necessárias para a realização da modelagem.

Geralmente, esta forma tradicional de obtenção da matriz OD é muito cara, demanda muito tempo, além de estar suscetível a erros: (i) durante a realização das pesquisas; e (ii) devido à necessidade de limitar o tamanho da amostra em virtude de restrições orçamentárias, o que poderá comprometer a representatividade dos dados (Hellings, 1994). Além disso, raramente é possível (pois ficaria inviável em termos econômicos e de tempo) a obtenção de matrizes para períodos fragmentados de tempo, como por exemplo, períodos de 15 min, que constitui informação importante para a tomada de decisão em engenharia de tráfego, bem como aplicação das técnicas de simulação de tráfego (Rakha et al., 1998). No planejamento de Transporte Público, muito devido a falta de tempo e recursos, o emprego de procedimentos tidos como tradicionais é muito raro. Assim, uma metodologia mais direta, com base em informações do próprio sistema torna-se atrativa. Neste sentido, acredita-se que o Sistema de Bilhetagem Eletrônica venha a ser uma rica fonte de informações para a etapa de caracterização da problemática.

2.3 SISTEMA DE BILHETAGEM ELETRÔNICA

2.3.1 Bilhetagem Eletrônica no Transporte Público Urbano

O SBE no transporte público consiste na aquisição de créditos de viagens antecipadamente, que são gravados em dispositivos especiais (cartões magnéticos, tickets e *smartcards*). De posse de um cartão, devidamente carregado em um dos pontos de venda antecipada de créditos, o usuário pode entrar no sistema. Ao apresentar seu cartão no validador é verificado se o mesmo é válido e se possui saldo, em seguida é descontado o valor da tarifa e liberado o acesso ao STPP. Esse processo é realizado sucessivamente e ao final da operação, quando o veículo é recolhido para a garagem, as informações do validador correspondente a todos os cartões que por ali passaram são coletadas pelo sistema de informática das garagens e enviadas para o Sistema Central, que armazena todas as informações em um banco de dados (Martinelli e Aroucha, 2012).

Segundo Ferraz e Torres (2004), o SBE influencia a eficiência econômica do transporte público por duas razões: i) proporciona maior agilidade nas operações de embarque nos veículos, impactando diretamente na velocidade operacional e, portanto, na frota necessária; ii) dificulta a realização de fraudes, e assim diminui o montante de perdas na arrecadação. Além disso, o uso da bilhetagem eletrônica possibilita a flexibilidade espacial e temporal de tarifa. Por exemplo, é possível realizar integração temporal, diferenciação tarifária durante períodos do dia ou por regiões da cidade, desse modo os passageiros que realizam viagens somente em uma região poderão pagar mais barato do que os passageiros que viajam para outras regiões.

Normalmente, cada registro contém o identificador do cartão do usuário, tipo de pagamento, linha utilizada, horário da validação, veículo utilizado, local do embarque, local do desembarque e informações complementares, conforme necessidade ou interesse do gestor/operador.

O esquema de funcionamento do SBE pode ser visualizado na Figura 3, nesse esquema o dispositivo especial utilizado para validar a viagem é o *smartcard*. O servidor central armazena dados do usuário e de todas as transações do cartão, e compreende o núcleo do sistema. Note que os dados pessoais do usuário e as informações provenientes das validações não são armazenados em um mesmo banco de dados, o que possibilita preservar a confidencialidade das informações. No sistema central, os dados sobre rotas, horários e alocação de ônibus à linha são fornecidos pelo

sistema de informação operacional. Salienta-se que para fins contábeis, a informação também é trocada entre os pontos de cadastros e recarga do cartão, o sistema de informática das garagens, e o servidor central.

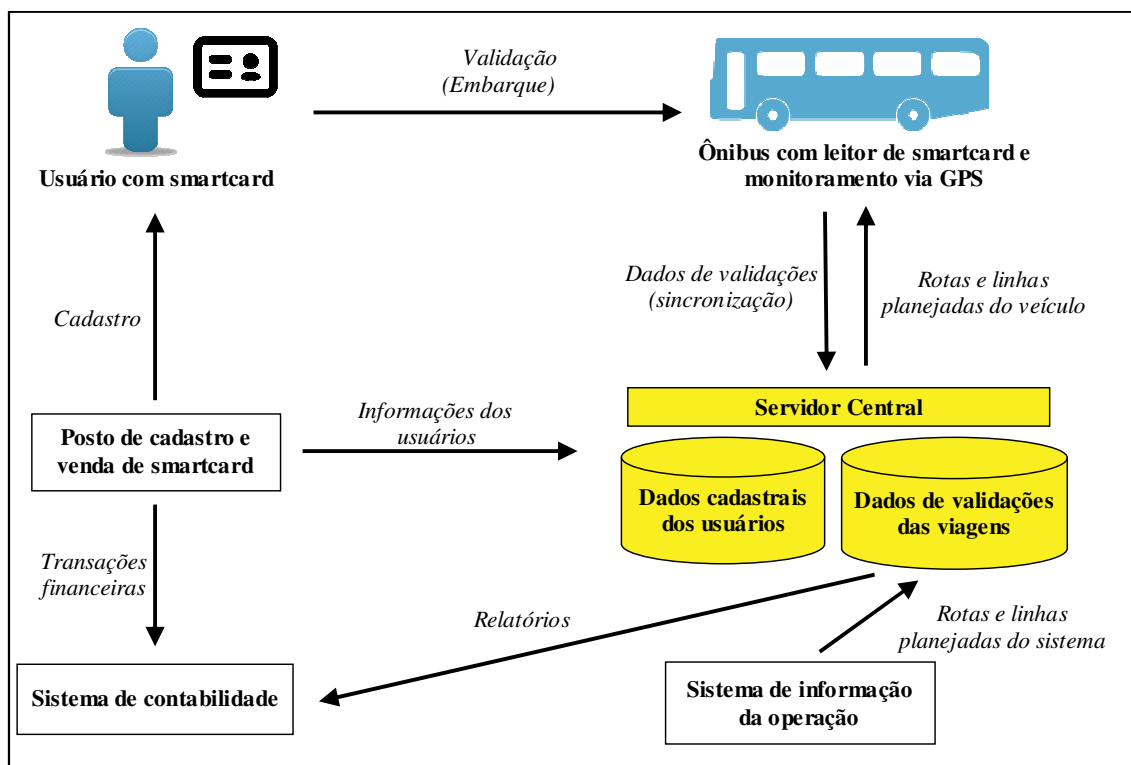


Figura 3 - Sistema de Bilhetagem Eletrônica (Fonte: Adaptado de Pelletier et al., 2011)

Segundo Martinelli e Aroucha (2012), atualmente a bilhetagem eletrônica no Brasil caracteriza-se pela predominância de soluções de cartão inteligente sem contato, o *smartcard*. Esse dispositivo é adequado para qualquer uso que envolva identificação, autorização e pagamento. Pode armazenar e até processar dados, sendo maleável e duradouro pelo fato de ser um cartão de plástico. Por essas razões o *smartcard* é bastante difundido como um modo de pagamento no transporte público. As principais características desse dispositivo são apontadas por Pelletier et al. (2011): (i) memória de armazenamento; (ii) comunicação por contato ou por via de ondas de alta frequência; (iii) criptografia dos dados; e (iv) microprocessador para executar rotinas pré-programadas.

O SBE foi concebido para ser um elemento de controle do STPP, em especial para controle de acesso/arrecadação. Contudo, acredita-se que a bilhetagem eletrônica possa trazer contribuição ao planejamento do STPP, em especial para etapa de caracterização da problemática, embora seu uso para esse fim ainda seja incipiente no Brasil.

2.3.2 Bilhetagem Eletrônica no planejamento do STPP

Os dados obtidos pela bilhetagem eletrônica podem ser usados em análises sobre comportamento da demanda do STPP. Geralmente, esses dados também são georreferenciados, possibilitando obtenção de estatística simples ou especializadas. A literatura mostra que vários estudos envolvendo SBE e planejamento do transporte público foram desenvolvidos, por exemplo, em Nova York (Barry et al. 2002) e Chicago (Zhao et al., 2007) nos Estados Unidos; em Santiago no Chile (Munizaga et al. 2012); em São Paulo no Brasil (Farzin, 2008); e em Pequim na China (Ma et al., 2013). A análise desses trabalhos mostra que, apesar de ainda incipiente (principalmente no Brasil), estudos estão voltados às três áreas do planejamento: estratégico; tático; e operacional.

A utilização dos dados da bilhetagem eletrônica no planejamento estratégico pode ajudar a obter uma melhor compreensão do comportamento do usuário, uma vez que as validações de cada usuário podem ser acompanhadas no decorrer do dia. Os estudos realizados no nível estratégico são apresentados na Tabela 1. A maioria dos estudos apresentados está centrada na caracterização e classificação do usuário. No entanto, apenas um estudo utilizou os dados cadastrais dos usuários na análise. Quando os dados socioeconômicos dos usuários não estão disponíveis, é necessário realizar pesquisas complementares para obter essa informação.

Estudo no nível Estratégico		
Dados Utilizados	Análise/Uso	Benefícios
Data, hora e Local do Embarque; Tipo do Cartão.	Definir um tipo de usuário padrão e medir os seus hábitos de viagem. Analisar a variabilidade de uso de acordo com o dia, a semana ou período.	Melhor compreensão do comportamento do usuário
Hoário, Lugar e Rede; Dados pessoais e de viagem.	Análise do volume de receitas e de estratégia de marketing	Analisar a consistência do comportamento das viagens dos usuários ao longo do tempo. Produzir campanhas de marketing direcionadas para manter os usuários de grupos específicos
Perfis de carregado das Linhas.	Gerenciar a demanda através da rede	Tornar o transporte público mais atraente
Data, hora e Local do Embarque; Estimativa do ponto de Desembarque; Tipo do Cartão.	Estimativa de Tempo de viagem. Reconstrução do itinerário. Padrão espacial e temporal da Rede. Análise de satisfação	Realizar ajustes na rede e na programação. Obter informações mais ricas do que aquelas a partir de uma pesquisa domiciliar. Adaptar a rede para as necessidades do usuário
Informação pessoal; Endereço dos usuários, Ponto de embarque, frequência do uso; Informações da viagem, Elasticidade da demanda.	Análise dos principais pontos de nível de serviço. Análise política tarifária. Análise de marketing: identificação de segmentos de mercado com baixa penetração, identificação de pontos que merecem maiores estudos. Análise de um perfil demográfico por via ou estação.	Permitir que os usuários sigam um itinerário alternativo. Melhorar o nível de confiança no serviço. Ajuste da tarifa de acordo com as necessidades do usuário. Previsão de demanda.
Dados históricos.	Estimativa da tendência futura. Criação de uma matriz de demanda futura.	Ajuste na oferta (em longo prazo). Reestruturação da Rede.
Data, hora e Local do Embarque.	Modelo de Transporte orientado a Objeto. Planejamento da rede de transporte público.	Antecipar extensões da rede.
Data, hora e Local do Embarque. Estimativa do ponto de Desembarque. Tipo do Cartão	Comparação de dados do smartcard com dados de pesquisas domiciliares (uso do ônibus, distribuição temporal e espacial da viagem)	Melhorar a precisão dos dados da pesquisa domiciliar e do smartcard. Complementar a pesquisa domiciliar com os dados do smartcard.
Transações de embarque por cartão. Datas de começo e fim.	Calculo do tempo de viagem. Relação do número de validações pelo número de usuários com cartão	Modelo de lealdade dos usuários obtido partir dos dados de cartões inteligentes. Análises focadas em fidelizar o usuário e dar manutenção nas melhorias

Tabela 1- Estudos no nível estratégico (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011)

Já os estudos realizados no planejamento tático, apresentados na Tabela 2, têm foco no ajuste da operação. Conhecendo o comportamento da demanda de cada dia, é possível realizar a programação operacional para cada linha, bem como, identificar o carregamento máximo na rede de transporte público, pois se podem derivar os perfis de carregamento de cada linha. Ademais, alguns estudos apontam para avaliação das transferências realizadas por meio da integração temporal, ou em terminais de integração, assim a programação operacional e a própria rede podem ser ajustadas para melhor acomodar as necessidades dos passageiros.

Estudo no nível Tático		
Dados Utilizados	Análise/Uso	Benefícios
Dados de viagens e informações cadastrais dos usuários	Reconstrução de viagens do usuário através da identificação do ônibus utilizado e do ponto de transferência	Ajuste na oferta de transporte. Melhoria da qualidade dos dados. estatísticas disponíveis.
Padrão de comportamento, perfil de carregamento e preferencia dos usuários	Estudos de fidelidade do cliente	Melhor compreensão das necessidades dos usuários
Origem e destino dos usuários	Reconstrução e análise de padrões de viagem	Ajuste na oferta de transporte.
horário e local do embarque. Estimação do local de desembarque. Tipo de cartão	Análise da variabilidade dos embarques dos passageiro em uma rota específica. Identificação de itinerários dos usuários. Análise e detecção de pontos fortes de transferência.	Identificação do número máximo de embarque. Coordenação horária entre ônibus e metro
Dados dos cartões nos pontos de embarque	Algoritmo de classificação iterativo para obter mais informações sobre viagens de transferência	Melhor compreensão das transferencias
horário e local do embarque.	Algoritmo para estimação do destino, com destaque para estações de metrô	A geração de uma matriz origem-destino com mais informações
Histórico de uso dos usuários	Determinação da frequência e consistência dos padrões do usuário	Ajuste na oferta de transporte.
horário e local do embarque. Estimação do local de desembarque. Tipo de cartão	Variabilidade espaço-temporal. Frequência de uso dos pontos de ônibus.	Classificação dos cartões de acordo com padrões de embarque. Melhor compreensão do comportamento dos usuários
Dados de validações	Método para identificação de percursos completos realizados pelos usuários	Diminuição de percursos negativos nas rotas dos usuários
horário e local do embarque. Estimação do local de desembarque. Tipo de cartão	Algoritmo para estimar o ponto de desembarque com base em dados históricos de viagens	Perfil de carregamento das linhas

Tabela 2 - Estudos no nível tático (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011)

Por fim, na Tabela 3 são apresentados os estudos no nível operacional. Os dados da bilhetagem eletrônica são utilizados para avaliar o desempenho e aumentar o controle do sistema. O desempenho operacional pode ser medido através do cálculo de indicadores de desempenho, tais como: passageiro por quilômetro; passageiro por veículos; índice de renovação; nível de conforto; etc.

Outra faceta do SBE é possibilitar avaliar irregularidades/fraudes no sistema. Sendo assim, as pesquisas relacionadas na Tabela 3 apontam para possíveis aplicações no campo de coibir erros/falhas do sistema.

Estudo no nível Operacional		
Dados Utilizados	Análise/Uso	Benefícios
Dados cadastrais dos usuários e tarifas	Melhoria nas formas de Pagamento	Percepção de redução de custos
Data, hora e Local do Embarque.	Identificação, quantificação e análise dos erros e inconsistências nos dados de validações.	Melhorias no sistema de bilhetagem eletrônica, correção de dados
Histórico das viagens e dados cadastrais dos usuários	Implementação da estrutura tarifária	Melhor flexibilidade na tarifa
Dados das viagens	Monitoramento em tempo real da operação	Permite aos usuários planejarem o itinerário da viagem com base no monitoramento
Horário e local do embarque. Estimação do local de desembarque. Tipo de cartão	Compreensão do comportamento do usuário de trânsito	indicadores de desempenho. Avaliação da operação
Dados cadastrais dos usuários. dados das linhas e veículos	Descrição das características do usuário (ponto de transferência, horário de embarque, tipo de usuário)	Melhor compreensão dos hábitos dos usuários
Dados de embarques	Várias estatísticas operacionais disponíveis a nível de indivíduo	Redução dos custos anteriormente necessário para o cálculo de indicadores de desempenho
Data, hora e Local do Embarque. Pontos de desembarque estimados. Tipo de cartão	Várias estatísticas operacionais agregadas por linha.	Ajuste na operação. Identificação de equipamentos defeituosos. Melhoria da utilização do sistema integrado

Tabela 3 - Estudos no nível operacional (Fonte: Adaptação de Pelletier et al., 2011)

Em resumo tem-se que o SBE pode contribuir para o nível estratégico do planejamento no que compete a reconfiguração da rede, modelagem da demanda, construção de matriz OD. Já no nível tático, o foco está nos ajustes da operação, programação das linhas de ônibus e padrões de viagens do sistema. Por fim, no nível operacional, as aplicações envolvem o cálculo de indicadores de nível de serviço, identificação de erros e fraudes.

3 INFORMAÇÕES GERADAS PELA BILHETAGEM ELETRÔNICA

A proposta de caracterização apresentada nesse trabalho utiliza de representações simplificadas para representar o comportamento dos usuários, utilizando assim de um modelo conceitual para obter as variáveis e indicadores. As informações relacionadas aos embarques obtidas pelo SBE serão utilizadas para compreender melhor as viagens realizadas pelos usuários.

No Transporte Público, o *smartcard* é cada vez mais usado como modo de pagamento dentro do SBE, substituindo o cartão magnético e o ticket de papel. Todas as viagens realizadas no transporte público têm suas informações armazenadas, mas apenas aquelas que utilizam algum dispositivo especial como o *smartcard* para validar a viagem podem ser rastreados ao longo do dia e assim observar a sequência de deslocamentos realizados pelo indivíduo.

Portando a utilização do *smartcard* pelos usuários possibilita a construção da cadeia de deslocamentos, que consiste da organização sequencial das informações das viagens ao longo do dia. Ela é composta por pontos de origem, segmentos, pontos de transferências e ponto de destino. No caso do transporte público, o conceito de segmento é definido como o trecho delimitado pelo ponto de embarque e desembarque. Os pontos de transferência ocorrem entre um segmento e outro, podendo haver integração tarifária, física ou temporal. A transferência pode ser intramodo (exemplo: ônibus com ônibus) ou intermodos (exemplo: ônibus com metro), ocorrendo em estações, terminais e pontos de parada. Já o ponto de origem e destino consiste, respectivamente, do primeiro ponto de embarque aonde o usuário inicia a viagem e do último ponto de desembarque aonde se encerra a viagem no transporte público.

Na Figura 4 são ilustrados os componentes da cadeia de deslocamento, representando o conjunto das viagens realizadas por um indivíduo qualquer X em um dia qualquer de sua rotina de viagens. Neste caso, observa-se que a viagem-ida realizada pelo indivíduo é composta por sete segmentos, onde o primeiro e o último segmento são realizados a pé, já a viagem-volta é composta por quatro segmentos.

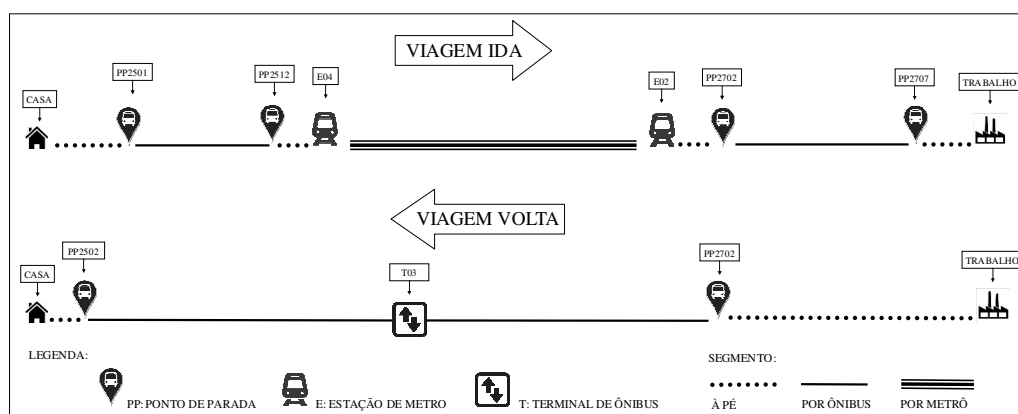


Figura 4 - Componentes da cadeia de deslocamento de um indivíduo X

Existem situações particulares em que as validações ocorrem tanto no embarque, quanto no desembarque. Em caso como esse, o monitoramento do sistema torna-se mais completo e eficaz, pois se consegue obter informações sobre os deslocamentos com extrema precisão. Na Tabela 4 é apresentado um exemplo da cadeia de deslocamento realizado por usuário qualquer dentro do transporte público, obtidos através de um SBE com validação no embarque e no desembarque. Pode-se observar que o SBE não fornece informações realizadas por outros modos, como à pé ou por automóvel. Pode-se ver aí, em relação ao transporte público, que primeira a viagem realizada é composta por três segmentos. No segundo e terceiro segmento há transferências ônibus-metrô e metrô-ônibus, respectivamente, essas transferências ocorreram sem integração física uma vez que o desembarque e o embarque seguinte não ocorrem no mesmo lugar.

Viagem	Segmento	Código do Usuário	Horário-Embarque	Local-Embarque	Horário-Desembarque	Local-Desembarque	Linha
1	1	35M810	06:35:47	PP2501	07:03:21	PP2512	L122
	2	35M810	07:08:36	E02	07:28:02	E04	M02
	3	35M810	07:33:05	PP2702	07:47:55	PP2707	L032
2	1	35M810	17:59:02	PP2702	18:29:34	T03	L055
	2	35M810	18:34:12	T03	18:48:43	PP2502	L111

Tabela 4 – Exemplo da cadeia de deslocamento no transporte público

A recuperação da cadeia de deslocamentos de um indivíduo no TP é importante para determinação dos fluxos de viagens, pois os mesmos só podem ser obtidos através da determinação da origem e destino, dentro de um intervalo de tempo. No entanto, a maioria dos SBE só realiza a validação ao embarcar no veículo, remetendo a situação ilustrada na Tabela 5, o que confere uma dificuldade adicional, que exigirá a estimação do ponto de desembarque.

Viagem	Segmento	Código do Usuário	Horário-Embarque	Local-Embarque	Linha
1	1	35M810	06:35:47	PP2501	L122
	2	35M810	07:08:36	E02	M02
	3	35M810	07:33:05	PP2702	L032
2	1	35M810	17:59:02	PP2702	L055
	2	35M810	18:34:12	T03	L111

Tabela 5 – Exemplo de Cadeia de Deslocamentos sem validação no desembarque

Barry et al. (2002) apresentaram um método para estimar o local do desembarque para o sistema de metro da região metropolitana de Nova Iorque – EUA com base na hipótese de pendularismo. Tal metodologia está baseada em duas suposições: (i) os usuários retornam ao local de destino da viagem anterior para começar a próxima viagem; e (ii) os usuários terminam a última viagem do dia no local de origem da primeira viagem do dia. Para ilustrar tal situação, construiu-se a Figura 5, nela observa-se duas viagens compostas por apenas um segmento cada (Figura 5 a), ao aplicar as suposições de Barry et al. (2002) pode-se estimar o ponto de destino do desembarque (Figura 5 b).

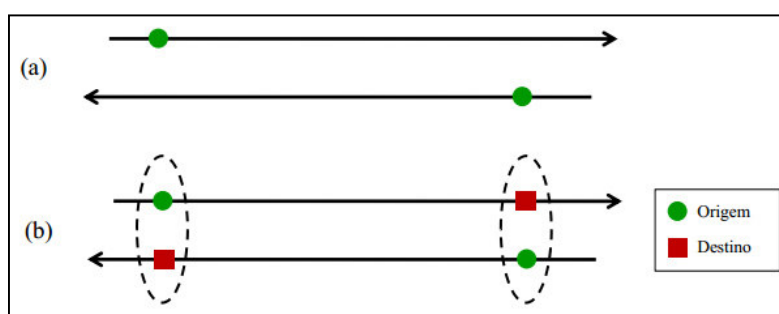


Figura 5 - Estimativa do ponto de destino do desembarque (Fonte: Guerra et al., 2013)

Vários trabalhos utilizaram tais hipóteses para construção da matriz OD do transporte público com dados do *smartcard*. Dentre os trabalhos destacam-se Guerra (2011) e Guerra et al. (2013), que não utilizaram o sistema de rastreamento por GPS para determinação da localização dos embarques e desembarques, em vez disso utilizaram dos horários das linhas de ônibus para comprimir seu itinerário. Munizaga (2012) aplicou essas hipóteses num sistema composto por ônibus e metrô, utilizando os dados de GPS dos ônibus e a localização das estações de metrô, além de utilizar uma função de otimização para estimar o local e horário do desembarque. Ma et al. (2013) determinaram a origem e destino das viagens e calcularam os padrões de deslocamentos dos passageiros utilizando uma amostra de vários dias, a partir de uma modelagem estatística. Zhao et al. (2007) propuseram um método para estimar o ponto de desembarque do sistema ferroviário da cidade de Chicago - EUA.

4 PROPOSTA METODOLÓGICA

Este capítulo descreve a metodologia proposta para a caracterização do sistema de transporte público baseado nos dados de bilhetagem eletrônica, sendo discutidas inicialmente as principais considerações para o desenvolvimento desta metodologia e, em seguida, de forma detalhada, todas as etapas que a compõem.

4.1 PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES

De acordo com Ortuzar e Willumsen (2011), a definição de viagem é dita como um deslocamento realizado com o propósito de efetuar uma atividade. Portanto, mesmo que uma viagem possua diversos segmentos (intramodo ou intermodo), a definição de viagem levará em consideração o conjunto, pois cada segmento faz parte do esforço para se realizar a atividade desejada.

Oportunamente, as viagens realizadas no transporte público são registradas pelo SBE, através das validações de embarques/desembarques. No entanto, esse sistema não é capaz de identificar qual o propósito da realização da viagem, tornando dificultosa a identificação do início e fim da viagem. Utilizando-se das validações de embarques/desembarques juntamente com algumas regras que consideram a cadeia de deslocamentos, o tempo entre validações, distância espacial entre os embarques, linha de ônibus utilizada, e outros fatores, torna possível a determinação das viagens realizadas no transporte público.

Utilizando-se unicamente os registros de validações sem nenhum algoritmo que considere os fatores mencionados anteriormente não é possível distinguir os segmentos das viagens realizadas no transporte público, mesmo nos casos em que as validações são decorrentes de integrações temporais (onde não é debitada uma nova tarifa dentro de uma janela temporal), não há garantias se a validação é de fato uma transferência. Por exemplo, pode ocorrer uma viagem com duração muito curta, aonde o indivíduo realiza uma viagem com um propósito e logo em seguida realiza outra viagem com propósito distinto dentro da janela de tempo da integração, sendo a validação da segunda viagem registrada como integração temporal. Assim como o contrário pode ocorrer, a realização de viagens com tempo de duração muito longos, extrapolando o tempo para a integração temporal.

Faz parte dessa proposta metodológica a recuperação de fluxos de viagens para a reconstrução da Matriz OD, para tal será utilizado como ponto de partida as hipóteses formuladas por Barry et al. (2002) que implicam em: (i) os usuários retornam ao local de destino da viagem anterior para começar a próxima viagem; e (ii) os usuários terminam a última viagem do dia no local de origem da primeira viagem do dia. Adicionalmente às suposições de Barry et al. (2002), será utilizada na reconstrução da matriz a premissa que as viagens são puramente pendulares, o que implica que cada usuário realiza apenas duas viagens ao longo do dia (viagem de ida e a viagem de volta). A viagem de ida será adotada como a primeira validação realizada no período da manhã, já a viagem de volta será adotada como a primeira validação realizada no período da tarde/noite.

A premissa de puro pendularismo das viagens é utilizada por acreditar que grande parte das pessoas realizam apenas duas viagens ao dia com o propósito de se deslocarem de casa para o trabalho/escola e vice-versa. As horas de picos do sistema de transporte serão utilizadas para a determinação dos horários que delimitam os períodos na reconstrução dos fluxos. O período de pico é responsável pelo supercarregamento dos elementos de oferta merecendo maior atenção ao se caracterizar o sistema de transporte, além do que os horários de começo e termino das atividades que envolvem as atividades de estudo e trabalho são coincidentes com os horários de pico, o que reforça a premissa adotada.

Com exceção da análise para reconstrução da matriz OD, a qual utiliza a premissa de puro pendularismo, será adotada a premissa que cada validação de embarques do SBE representa o início/origem de uma viagem e que cada validação decorrente de integração temporal representa uma transferência entre segmentos.

As transferências no STPP podem ocorrer através da integração temporal ou integração física. A maioria dos sistemas utiliza terminais fechados para realizar as transferências através da integração física das linhas, nessa configuração, normalmente, os embarques realizados dentro dos terminais não são registrados. Ao contrário das integrações temporais realizadas em via pública, cujas quais são registradas pelo SBE.

Vale destacar que os usuários de *smartcard* são distinguidos por tipos de cartão, podendo ser classificado, por exemplo, em estudante, não estudante, trabalhador formal, idosos, etc. Portanto o tipo de cartão pode ser usado para aferição do propósito da

viagem, isto é, as viagens realizadas pelos usuários classificados como estudantes possuem o motivo “estudo”.

Comumente é verificada a existência de usuários que não realizam a validação da viagem logo ao embarcar, afetando a aferição correta da localização da origem. Esse comportamento pode ser atribuído ao fato de o usuário aguardar, na parte anterior à catraca, se aproximar do ponto onde ele realizará uma transferência com integração temporal por acreditar que a janela temporal para a integração é insuficientes ou por o veículo estar superlotado impossibilitando acesso ao interior do veículo. Tal efeito será atenuado ao agregar as validações em zonas de tráfegos, possibilitando agregar os pontos de origem em zonas, obviamente os embarques realizados nos limítrofes das zonas sofrerão maior efeito.

Outro comportamento do usuário que interfere na aferição das origens e destinos é o fato de a pessoa não realizar todos os seus deslocamentos exclusivamente pelo transporte público, podendo realizar viagens, ou parte de viagens, por outros modos, tornando impossível ou incorreta a estimação da sua real posição ao início da viagem. Ao analisar vários dias de observações, pode-se determinar o local típico do início da viagem, assim o efeito de viagens ocasionais realizadas por outros modos podem ser mitigados.

4.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO

A estrutura da metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho está representada na Figura 6. Pode-se observar aí que, primeiramente, as validações dos embarques serão agregadas levando em consideração a temporalidade, obtendo-se a distribuição das viagens ao longo das horas, dias e meses. Em seguida, as validações serão associadas às coordenadas obtidas por meio do GPS, realizando-se uma análise espacial das validações no território da cidade. Após, se seguirá com uma categorização das validações por usuário, levando em conta o tipo de cartão, tipo de tarifa, realizando uma análise da frequência de utilização do sistema por parte dos usuários. Por fim, será utilizado as premissas abordadas na seção anterior para reconstrução dos fluxos de viagens do STPP e por consequência da matriz OD , além de utilizar os dados cadastrais para comparar o local da primeira validação com o local de residência dos usuários e de realizar a validação da matriz.

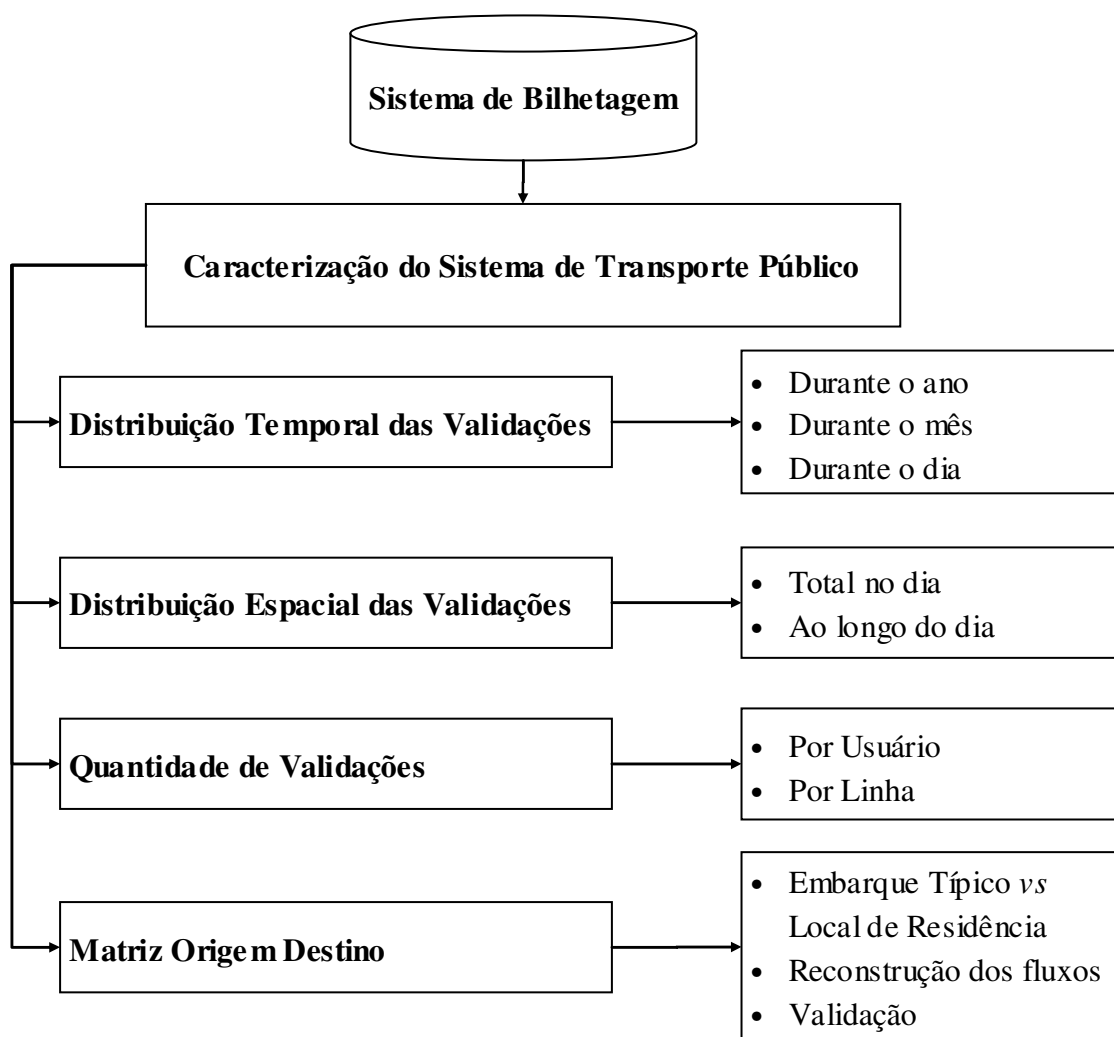


Figura 6 - Metodologia Proposta para Caracterização da Problemática do STPP

Dentre os indicadores que podem ser obtidos a partir dos dados de bilhetagem, foram escolhidos aqueles que se destacam em caracterizar, de forma mais abrangente, o sistema de transporte público urbano, sendo comumente utilizados pelos planejadores do transporte. De tal forma, esta proposta metodológica de caracterização do sistema de transporte público de passageiros a partir dos dados de bilhetagem eletrônica consiste em quatro etapas (Figura 6).

A primeira etapa é chamada de Distribuição Temporal das Validações, nessa etapa pode-se observar a variação do uso do transporte público ao longo da unidade de tempo desejada, ressalta-se que o SBE permite trabalhar em qualquer nível de desagregação desejado por registrar a data e o horário (até os segundos) da validação. Ao classificar os usuários por tipo de tarifa (inteira, meia e gratuidades), pode se verificar o comportamento distinto dos usuários ao longo do tempo. Os usuários também podem ser classificados de acordo com modo de pagamento (*smartcard* ou

dinheiro) bem como pelo uso da integração temporal. O objetivo dessa etapa é avaliar o comportamento do usuário ao longo tempo, além de estudar a evolução do uso da integração temporal.

A segunda etapa trata da distribuição espacial das validações realizadas ao longo do dia. Para tal será utilizado uma base de zonas correspondente aos bairros da cidade, agregando as validações nesse nível. O objetivo dessa etapa é analisar o comportamento do usuário no espaço levando em consideração também o fator temporal.

A terceira etapa trata da quantidade de validações realizadas por usuário e por linha, categorizando as validações em integrações. Essa etapa tem o objetivo de avaliar as linhas mais solicitadas de um modo geral e as que ocorrem maior número de integrações, além de avaliar a utilização do sistema por parte dos usuários.

Por último, a quarta etapa consiste da análise do o embarque da viagem com o local de residência declarado pelos usuários e, da reconstituição da matriz origem destino das viagens realizadas no horário de pico da manhã e por último da validação da matriz. Essa etapa tem por objetivo reconstituir a matriz OD e realizar a validação da mesma.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ESTUDADO

A cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, pertencente à região nordeste do Brasil, possui a 3ª maior população entre as cidades brasileiras com estimativa de 2.571.896 de Habitantes em 2014 e a 4ª maior densidade demográfica com 8.166,56 habitantes por km². Possui um Índice de Desenvolvimento Urbano igual a 0,754, o qual a coloca na 10ª posição entre as cidades brasileiras e 3ª entre as cidades do nordeste. Além disso, possui um PIB *per capita* de 19.494,40 reais, 132ª posição entre as cidades brasileiras (CENSO 2010).

Em relação ao Sistema de Transporte, a cidade possui uma frota de 536.895 de automóveis e 247.794 motocicletas.

Número de linhas, número de ônibus,

Linha de Metrô, não está funcionando plenamente.

A Cidade possui um sistema de bicicleta compartilhada, a qual possui 40 estações de bicicletas.

Em relação a malha viária, XXXXX km de vias. Dais quais XxXXxx Km são de faixa exclusiva ou preferencial para ônibus e xXXxXxKM são de ciclovias ou ciclofaixas.

O Sistema Integrado de Transporte Público da cidade de Fortaleza (SIT-FOR) foi implantado no ano de 1992 com a criação de sete terminais de integração, deixando de ser um sistema radial e tornando-se tronco-alimentador. O sistema é operado por ônibus e, a partir de 2012, está dividido em cinco áreas de operação e uma área neutra, que corresponde à centro histórico, compartilhada por todos os consórcios que operam nas cinco grandes áreas, conforme ilustrado na Figura 7.

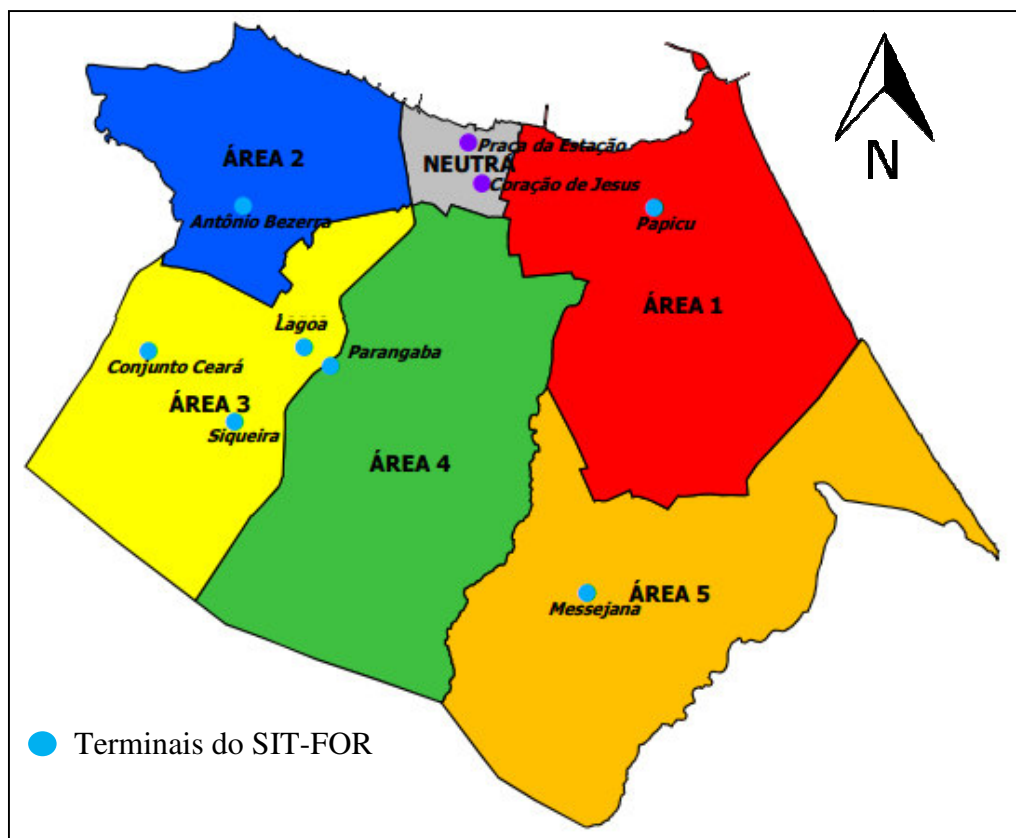


Figura 7 - Áreas de operação do SIT-FOR

A partir de junho de 2013, foi incorporada a integração temporal em todo o sistema, possibilitando realização de um número ilimitado de viagens com transferências em qualquer ponto de acesso a rede, dentro de um período de até 2h, pagando apenas a primeira passagem. Essa nova característica torna o percurso com transferência no terminal uma opção do usuário, não mais uma regra, pois qualquer percurso pode ser realizado com integração temporal. A utilização do *smartcard* possibilita a realização da integração temporal.

A utilização da bilhetagem eletrônica já está consolidada no SIT-FOR, no entanto o *smartcard* não é o único modo de pagamento. O pagamento da passagem pode ser feito em dinheiro e com *smartcard*. No caso dos estudantes, é cobrada meia passagem e sem limitação de uso. O SBE resulta em dois bancos de dados: (i) validações; e (ii) cadastro dos usuários. Além de contar com o SBE, os veículos da frota são monitorados por GPS, com acompanhamento em tempo real realizado através da emissão de sinal GPS a cada 30 segundos.

O banco de dados gerado pela bilhetagem eletrônica compõe-se do registro de todas as validações de viagens dos usuários do transporte público de Fortaleza. Essa informação é armazenada em um equipamento com leitor de informações magnéticas

instalados nos ônibus e nas bilheterias dos terminais, sendo transmitida via sinal rádio e compilada em um servidor. A validação é feita pelo usuário nos seguintes eventos:

- Ao realizar uma viagem em uma linha de ônibus é necessário validar a mesma em um leitor instalado na entrada do veículo, ao embarcar;
- Ao adentrar num terminal de integração física pela bilheteria é necessário validar sua entrada no terminal em um leitor instalado na bilheteria do mesmo.

Por sua vez, não ocorre validação nos seguintes eventos:

- Ao desembarcar de um veículo na rua ou no terminal.
- Ao embarcar em um veículo dentro do terminal,
- Ao sair do terminal por uma bilheteria.

Sendo assim, devido ao SBE da cidade de Fortaleza ser aberto, ou seja, possuir apenas um controle de acesso, o banco de dados gerado representa somente os registros de todas as entradas dos passageiros no sistema, os quais acessam a rede nos pontos de paradas e nos terminais. Desta forma, o SBE gera um registro para cada validação, contendo informações divididas nos seguintes campos: código cartão, data hora evento, carro, linha, integração.

Na tentativa de ilustrar tal situação, tome como exemplo os dados extraídos do SBE apresentados na Tabela 6. Observa-se uma pequena amostra do banco de dados contendo as validações realizadas no veículo com identificador 14005 (“carro”) que opera na linha de ônibus com identificador 76 (“linha”).

Observa-se aí, na linha (1) um registro de validação corresponde a um passageiro sem cartão, pois o código do cartão é zero (“código cartão”), o qual realizou sua viagem no dia 07 de março de 2013 às 17:25:13 (“data hora evento”) e não foi uma integração temporal (“integração”). Já na linha (2), observa-se um registro de validação corresponde a um passageiro com cartão identificado pelo número 4734884 (“código cartão”), o qual realizou sua viagem no dia 07 de março de 2013 às 17:25:33 (“data hora evento”) e foi uma integração temporal (“integração”).

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
CODIGO CARTÃO	DATA HORA EVENTO	CARRO	LINHA	INTEGRAÇÃO	
0	2013-03-07T17:25:13	14005	76	NÃO	(1)
4734884	2013-03-07T17:25:33	14005	76	SIM	(2)
339618	2013-03-07T17:25:45	14005	76	SIM	(3)
4401331	2013-03-07T17:26:04	14005	76	NÃO	(4)
0	2013-03-07T17:26:52	14005	76	NÃO	(5)
0	2013-03-07T17:27:25	14005	76	NÃO	(6)

Tabela 6 - Amostra do banco de dados de validações

No SIT-FOR há dois tipos de integração: (i) integração física realizada nos terminais; e (ii) a integração temporal realizada nos pontos de parada do sistema. Quando o usuário realiza uma integração física não é realizada outra validação dentro do terminal, somente ocorre validação nos embarques realizados fora do terminal ou nas bilheterias do mesmo. Já quando acontece uma integração temporal é necessário realizar outra validação ao embarcar no veículo da linha seguinte.

Por exemplo, em uma viagem com dois segmentos em que há integração física no terminal, o usuário irá validar apenas na primeira linha utilizada por ele. Já em uma viagem com dois segmentos em que há integração temporal no ponto de parada, o usuário realizará outra validação ao embarcar na linha seguinte.

Além disso, as validações presentes no banco de dados podem ser classificadas em três tipos: (i) decorrentes de pagamentos com cartão; (ii) decorrentes de pagamentos sem cartão; e (iii) decorrentes de fraudes. No entanto, qualquer validação no banco de dados é um registro de início de viagem ou de uma transferência, mesmo aquelas originadas de fraudes.

O banco de dados de cadastro dos cartões dos usuários do sistema de transporte público possui as seguintes informações: Nome do usuário, Tipo do Cartão, Logradouro, Bairro, CEP, Código Cartão. Esses dados são importantes para relacionar informações referentes ao usuário, com a de suas viagens. No presente trabalho, esses dados serão usados para classificar o usuário pelo tipo de cartão, além de analisar a origem do usuário com o bairro de domicílio.

Uma vez que o banco de dados de validações não está associado automaticamente com o GPS dos veículos, será utilizado o banco de dados de GPS para relacionar a localização do veículo com a localização da validação, o que possibilitará uma melhor análise em relação à viagem, contribuindo para um processo mais adequado de caracterização. O banco de dados de GPS é gerado pelo sistema de rastreamento dos veículos do transporte público o qual recebe a informação em tempo real do módulo

GPS instalado em cada veículo. Este emite a cada 30 segundos um sinal contendo informações distribuídas em diversos campos, que possuem a seguinte divisão: id sinal, direção, latitude, longitude, data hora evento, velocidade, carro.

Tome como exemplo uma pequena amostra do banco de dados de GPS do veículo com identificador 1425 (“carro”) apresentada na Tabela 7. Tais informações representam um conjunto de pontos gerados pelo veículo no período de 9:17:15s até 9:20:15s. Para cada ponto há um identificador do sinal (“id sinal”), direção do veículo segundo o azimute (“direção”), coordenadas geográficas (“latitude” e “longitude”), data e o horário da emissão do sinal (“data hora evento”), velocidade instantânea a qual se encontrava o veículo no momento da emissão (“velocidade”).

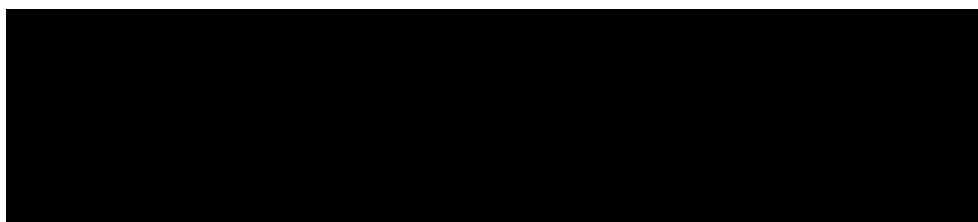


Tabela 7 - Amostra do banco de dados de GPS

A associação da localização do veículo com a localização da validação se dará em função do identificador do veículo e do horário do registro presente nas validações e nos sinais de GPS emitidos pelos veículos. Após a associação das coordenadas geográficas, será determinada a zona de tráfego na qual ocorreu a validação. Assim, ao final desse processo, para cada registro de validação haverá, também, além das informações do banco de dados de validação, as coordenadas geográficas do local onde a mesma ocorreu, sendo que tais informações podem se for o caso, atribuídas a uma zona de tráfego.

Os registros de validação podem ocorrer a qualquer instante, ao contrário dos registros de localização que ocorrem apenas a cada 30s, a partir do momento em que é ligada a ignição do veículo. Desta forma, para contornar tais dificuldades, fez-se uso do seguinte subterfúgio: dividiu-se o dia em 2.880 intervalos (24h/30s) com limite superior fechado e limite inferior aberto, assim a busca do horário correspondente se deu dentro desse intervalo de tolerância.

Na Tabela 8, é apresentado os campos em destaque utilizados como critério de busca para associação das coordenadas geográficas e relacionando as mesmas com a zona de tráfego na qual houve validação. Na Figura 8 é mostrada a síntese desse processo.

CODIGO CARTÃO	DATA HORA EVENTO	CARRO	LINHA	INTEGRAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	ZONA
0	2013-03-07T17:25:13	14005	76	NÃO	-3,7321	-38,5359	32
4734884	2013-03-07T17:25:33	14005	76	SIM	-3,7328	-38,5362	32
339618	2013-03-07T17:25:45	14005	76	SIM	-3,7336	-38,5364	34
4401331	2013-03-07T17:26:04	14005	76	NÃO	-3,7347	-38,5367	12
0	2013-03-07T17:26:52	14005	76	NÃO	-3,7351	-38,5363	12
0	2013-03-07T17:27:25	14005	76	NÃO	-3,735256	-38,535712	88

Tabela 8 - Associação das coordenadas geográficas

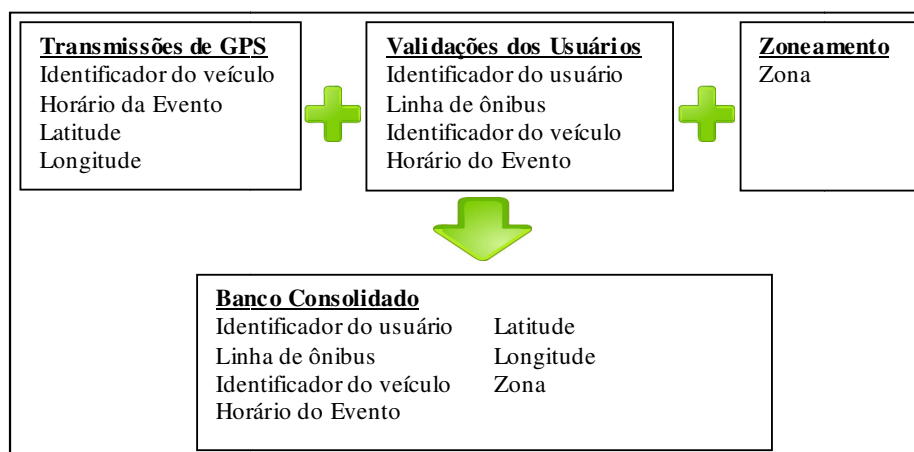


Figura 8- Síntese da associação das coordenadas e zonas

No caso específico deste trabalho, adotou-se como zoneamento o utilizado na Pesquisa Domiciliar de 1997 realizada na cidade de Fortaleza. Porém, vale destacar que as validações podem ser agregadas, se for o caso, em qualquer nível, uma vez que cada validação estará associada a um conjunto de coordenadas geográficas. No caso deste trabalho, observou-se que algumas linhas extrapolaram os limites da cidade, nesses casos, alguns usuários realizam os embarques fora das zonas de tráfego do município. Isso ocorre porque a periferia de Fortaleza está muito próxima a áreas de outros municípios da Região Metropolitana, fazendo com que os veículos, em algumas situações, acabem entrando nesses outros municípios para completarem seu itinerário. Assim, adotou-se que essas validações seriam contabilizadas na zona de tráfego mais próxima.

Os dados utilizados no presente trabalho corresponderam aos dados de validação de todo o ano de 2014. Primeiramente trabalhou-se com todas as informações, porém avaliar o método de recuperação das viagens optou por utilizar uma amostra temporal, de forma a facilitar a análise e interpretação referente a aplicação do método proposto. Neste caso, foi escolhida uma amostra de uma semana do mês de setembro (dia 15 ao

dia 21). Esse intervalo de dias foi escolhido de modo que não possuísse eventos atípicos como férias estudantis; feriados; ou outros eventos incomuns na cidade.

5.2 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS VALIDAÇÕES

Ao utilizar os dados de validações do ano de 2014 da cidade de Fortaleza, foi avaliada a frequência de uso do sistema de transporte ao longo do tempo categorizando o usuário de acordo com os campos de informação registrado pelo SBE o qual permitiu diferenciar usuário por tipo de tarifa, tipo de cartão, modo de pagamento e uso da integração temporal. Portanto nessa etapa, foram compiladas todas as validações ocorridas no ano de 2014 a fim de se realizar as análises.

A variação da demanda ao longo do tempo é afetada pela atividade econômica, períodos de férias escolares, condições de oferta, configuração da rede, dentre outros fatores. São vários e diversos os motivos que influenciam a demanda, porém ao se levar em consideração a variável tempo é possível investigar a influência desses fatores a partir de algum marco temporal.

Destaque-se a importância de investigar qual o modo de pagamento mais utilizado pelos usuários juntamente com a variável de tempo. O pagamento em cartão, em detrimento ao pagamento em dinheiro, conecta as informações geradas a um usuário, permitindo analisar o comportamento do indivíduo. Portanto é desejável, a fim de enriquecer as informações geradas, que todos os usuários utilizem o cartão como forma de pagamento. Políticas de incentivo ao uso do cartão podem ser utilizadas e essa etapa metodológica permite compreender a necessidade e a eficácia de tais políticas.

Como dito anteriormente, o pagamento em cartão, além de fornecer mais informações, também apresenta outras vantagens como, por exemplo: i) diminui o tempo de embarque uma vez que não há necessidade de passar troco, ii) diminui a circulação de dinheiro dentro dos veículos, minimizando o risco de assaltos, iii) a compra de créditos antecipa a receita às operadoras de transporte público.

A compreensão de como os usuários utilizam o sistema de transporte permite detectar deficiências e potencialidades do sistema. Portanto ao considerar o uso da integração temporal nessa etapa metodologia, foi investigada a intensidade do uso dessa característica do sistema, observando sua evolução ao longo do tempo.

Essa etapa metodológica aproveita-se, principalmente, do registro da data e horário da ocorrência do embarque, além das informações que permitem categorizar os

usuários, utilizando-se de todas as validações registradas pelo SBE no ano de 2014 foi analisada a distribuição temporal: (i) ao longo do ano; (ii) ao longo do mês; e (iii) ao longo do dia.

5.2.1 Distribuição temporal ao longo do ano

Ao considerar toda a demanda do ano de 2014 foi possível analisar a variação da demanda de acordo com os meses, categorizando as validações por tipo de tarifa, tipo de cartão, modo de pagamento e uso da integração temporal. Primeiramente, é apresentada na Tabela 9 uma síntese dos dados, obtendo-se a média do mês, desvio padrão do mês, média do dia útil, média do sábado e média do domingo. Observa-se aí, que o STPP da cidade de Fortaleza apresenta mesmo aos domingos, grande quantidade de usuários. Salienta-se que para o cálculo das médias, não foram excluídos os dias com comportamento atípico, como por exemplo, feriados ou greves. O valor do desvio padrão de validações no mês apesar de ser alto, corresponde, aproximadamente, duas vezes o valor da média de validações do dia útil.

	Total de Validações
Ano	348.182.147
Média mês	29.015.179
Desvio Padrão Mês	2.143.967
Média dia útil	1.084.184
Média sábado	789.127
Média domingo	485.767

Tabela 9 – Estatísticas do Ano de 2014 do SIT-FOR

i) Classificação por tipo de tarifa

Após agregar a demanda do ano de 2014 ao longo dos meses, foi realizada a classificação das mesmas levando em consideração o tipo de tarifa. Na tabela 10 pode-se observar o total de validações e a participação de cada tipo de tarifa (inteira, meia e gratuidade) em relação ao total de validações de cada mês do ano de 2014. Foi utilizada uma palheta de cores para indicar valores mais altos em vermelho e valores mais baixos em verde, sendo a cor amarela utilizada para a transição. No ano de 2014, o mês de número mínimo de validações correspondeu ao mês de junho, já o máximo foi registrado em outubro.

Em média, 82,17% das validações são feitas considerando pagamento integral da tarifa, com um desvio padrão de 3,63%, como esperado constata-se que a participação de pagamentos de tarifa inteira é maior no período de férias escolares. Em relação à tarifa meia, observam-se dois picos com maior participação, provavelmente proveniente

aos dois períodos letivos. O número médio de validações com pagamento de meia tarifa foi de 15,45%, com um desvio padrão de 3,42%. Já em relação à tarifa gratuita, observa-se uma participação média mensal das validações de 2,38%, com um desvio padrão de 0,67%.

Ressalta-se que no caso do STPP da cidade Fortaleza, foi observado que o controle dos embarques de tarifa gratuita não é realizado com rigor, aonde a maioria dos embarques é realizada pela a porta dianteira, a qual não possui equipamento de controle. Portanto o comportamento da tarifa gratuita é duvidoso.

MÊS	TOTAL	INTEIRAS	MEIA	GRATUIDADE
Janeiro	29.680.019	80,79%	15,57%	3,64%
Fevereiro	29.462.685	78,03%	18,42%	3,54%
Março	27.761.078	78,72%	17,96%	3,32%
Abril	29.182.603	79,04%	18,58%	2,38%
Maio	27.620.021	89,86%	7,98%	2,17%
Junho	23.372.027	87,94%	9,97%	2,08%
Julho	27.642.191	85,89%	12,03%	2,08%
Agosto	29.681.094	82,39%	15,64%	1,98%
Setembro	31.143.207	80,67%	17,44%	1,89%
Outubro	31.968.460	80,46%	17,74%	1,80%
Novembro	30.514.570	79,81%	18,34%	1,86%
Dezembro	30.154.192	82,45%	15,74%	1,81%

Tabela 10 - Total de validações por mês por tipo de tarifa no ano de 2014

Como dito anteriormente, a variação mensal da demanda no transporte público é influenciada por diversos fatores. No caso de Fortaleza, ao se investigar o tamanho da variação mensal ao longo do ano de 2014 foi obtido a Figura 09. Observa-se aí a variação percentual do mês em relação ao mês anterior do SIT-FOR. O mês de junho apresentou, no total de validações no mês uma variação de 15,38% menor do que o mês anterior, já no mês de julho foi detectado um aumento de 18,27% em relação ao total de validações do mês passado.

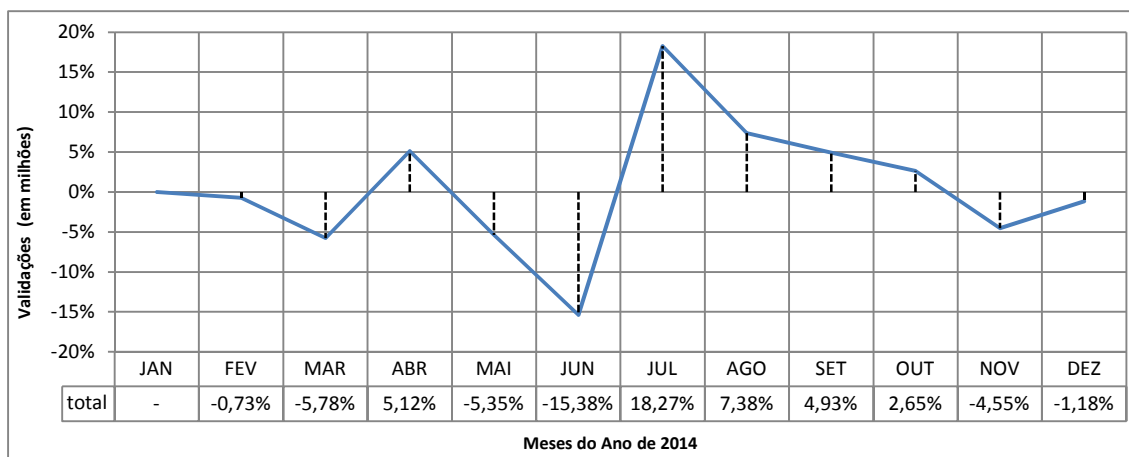


Figura 9 – Variação mensal do total de validações no ano de 2014

Ao se classificar as validações por tipo de tarifa, obtém-se melhor detalhamento de como os usuários estão se comportando. A Figura 10 apresenta a variação mensal por tipo de tarifa, observa-se aí que o total de validações dos usuários que pagam meia tarifa no mês sofreu uma queda de 11,03% em relação ao total de validações (todas as tarifas), no entanto as validações de usuários que pagam tarifa inteira sofreu um aumento de 6,01% em relação ao total de validações.

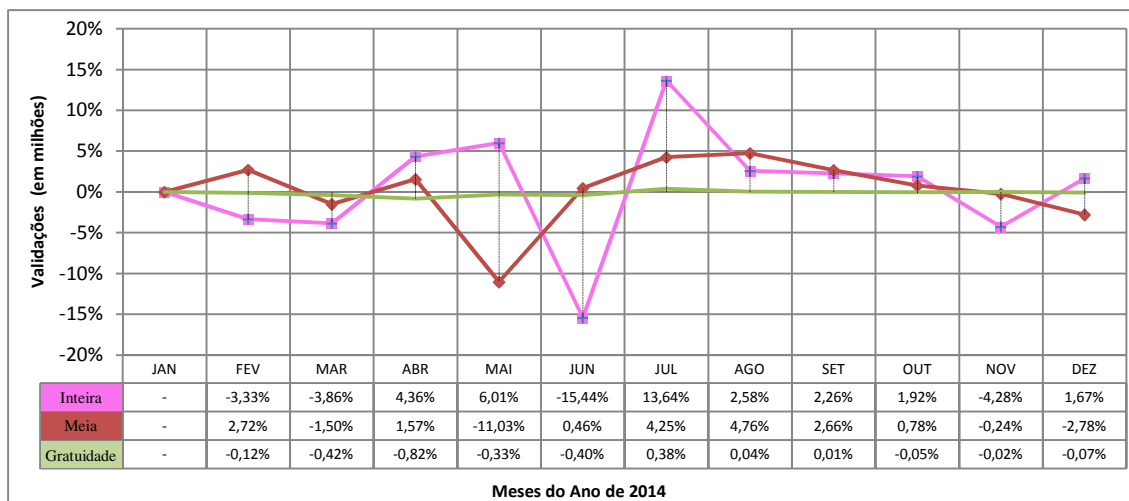


Figura 10 - Variação mensal do total de validações por tipo de tarifa no ano de 2014

Percebe-se que ao se investigar a variação de validações considerando a tipo de tarifa, pode-se obter melhor compreensão de como a demanda se comporta, por exemplo, o mês de maio apresentou forte variação para os usuários que paga meia, mas a variação dos usuários que paga inteira disfarçou o efeito dessa grande variação na variação total das validações.

ii) Classificação por uso da integração temporal

Em seguida, foi avaliada evolução do uso da integração temporal para caracterização do STPP. Para tal, foi investigada a participação de validações provenientes de integração temporal sobre o total de validações realizadas no sistema ao longo dos meses. No caso da cidade de Fortaleza, a integração temporal possibilita o usuário a realizar um número ilimitado de transferências dentro de uma janela temporal de 2h a contabilizar a partir da primeira validação. Essa possibilidade somente foi incorporada ao sistema recentemente, durante muito tempo os usuários tinham que utilizar o terminal para realizar transferências sem pagar outra tarifa e, além disso, a rede de linhas do sistema continua baseada no uso de terminais. Logo a própria rede e o hábito de utilizar os terminais podem influenciar o uso da integração temporal.

Na Tabela 11 é apresentada a participação da integração temporal em cada mês juntamente com a paleta de cores indicando a intensidade dos valores. A participação média mensal de integrações temporais no ano de 2014 foi igual a 6,30%, sendo que no mês de outubro observou-se a ocorrência máxima de integrações temporais observadas e no mês de janeiro observou-se o valor mínimo de integrações temporais.

MÊS	S/ INTEGRAÇÃO	INTEGRAÇÃO
Janeiro	94,84%	5,16%
Fevereiro	94,32%	5,68%
Março	94,36%	5,64%
Abril	94,00%	6,00%
Maio	93,80%	6,20%
Junho	93,60%	6,40%
Julho	93,31%	6,69%
Agosto	93,40%	6,60%
Setembro	93,10%	6,90%
Outubro	92,96%	7,04%
Novembro	93,12%	6,88%
Dezembro	93,55%	6,45%

Tabela 11 - Proporção de validações de Integração temporal no ano de 2014

Considerando que o uso de integração temporal em toda a rede teve início no segundo semestre de 2013, era esperado o comportamento apontado em janeiro, acredita-se que muitos usuários ainda encontram-se em fase de adaptação com o novo sistema. Contudo, apesar do crescimento da integração temporal ao longo do ano de 2014, muitos usuários ainda continuam realizando integração somente nos terminais.

iii) Classificação por uso do cartão

Outra medida avaliada no processo de caracterização da distribuição temporal das validações, diz respeito à utilização do cartão para realização das viagens. Para tal, as validações foram categorizadas diferenciando aquelas que utilizaram o cartão daquelas que não utilizaram o cartão. Na Tabela 12 é apresentado o resultado dessa categorização, juntamente com a paleta de cores indicando a intensidade dos valores. Observa-se aí dois períodos de maior utilização do cartão, esses períodos são coincidentes com os dois períodos letivos, esse comportamento era esperado uma vez que os estudantes utilizam obrigatoriamente um cartão para realizarem suas viagens pagando meia tarifa.

O uso médio mensal dos cartões para realização das viagens foi de 64,65% (desvio padrão de 1,67%), ou seja, essa é a porcentagem dos embarques com *smartcard*, em relação ao total de embarques registrados em 2014. A importância da utilização do cartão já foi destacada, quanto mais usuários utilizarem o cartão mais informações poderão ser geradas a fim de investigar o comportamento do usuário com base nas validações.

MÊS	COM CARTÃO	SEM CARTÃO
Janeiro	63,59%	36,41%
Fevereiro	65,70%	34,30%
Março	65,78%	34,22%
Abril	66,30%	33,70%
Maio	60,60%	39,40%
Junho	63,22%	36,78%
Julho	64,60%	35,40%
Agosto	64,70%	35,30%
Setembro	65,62%	34,38%
Outubro	66,29%	33,71%
Novembro	66,28%	33,72%
Dezembro	63,06%	36,94%

Tabela 12 - Proporção de validações por uso do *smartcard* no ano de 2014

iv) Classificação por tipo de cartão

Por fim, a última análise em relação à distribuição das validações ao longo do ano diz respeito à identificação das validações conforme o tipo de cartão. Além de diferenciar o usuário pelo tipo de tarifária pode-se realizar a diferenciação por tipo de cartão, classificando o usuário em ‘vale transporte’, ‘estudante’, ‘avulso’, ‘gratuidade’. O cartão do tipo ‘vale transporte’ é custeado integralmente ou parcialmente pelos empregadores, logo se pode afirmar que os usuários detentores desse cartão são

trabalhadores formais. O cartão ‘estudante’ permite aos estudantes o direito a meia tarifa ao apresentá-lo no embarque. Para os idosos e deficientes obterem o direito a gratuidades precisam apresentar o cartão do tipo ‘gratuidade’. O cartão denominado ‘avulso’ pode ser adquirido por qualquer usuário que deseja realizar o pagamento de suas viagens com cartão pagando tarifa inteira. Ao utilizar cartão o usuário tem o benefício de realizar integração temporal e pagar tarifa diferenciada em horários específicos ou por tipo de usuário, tais benefícios não são usufruídos pelos usuários que pagam em dinheiro.

A tabela 13 apresenta a participação de cada tipo de cartão, dentre o total das validações que são realizadas por cartão. Pode-se observar que o cartão tipo ‘vale transporte’ foi o mais usado no ano de 2014, com uma média mensal de 59,89% (com 4,20% de desvio padrão), em segundo lugar o cartão tipo ‘estudante’, com média mensal 23,80% (4,88% de desvio padrão), o cartão tipo ‘avulso’ ficou em terceiro lugar, com média mensal de uso igual a 12,63% (1,06% de desvio) e por último o cartão tipo ‘gratuidade’ apresentou menor taxa de uso, com média mensal de 3,68% (1,03% de desvio).

MÊS	VALE TRANSPORTE	ESTUDANTE	AVULSO	GRATUIDADE
Janeiro	58,73%	24,48%	11,07%	5,72%
Fevereiro	55,17%	28,04%	11,39%	5,40%
Março	56,28%	27,30%	11,37%	5,05%
Abril	56,36%	28,03%	12,02%	3,59%
Maio	68,47%	13,17%	14,80%	3,57%
Junho	67,03%	15,78%	13,89%	3,30%
Julho	64,55%	18,62%	13,61%	3,22%
Agosto	59,85%	24,17%	12,93%	3,06%
Setembro	57,68%	26,57%	12,87%	2,88%
Outubro	57,81%	26,77%	12,71%	2,71%
Novembro	57,17%	27,67%	12,36%	2,80%
Dezembro	59,60%	24,96%	12,57%	2,87%

Tabela 13 - - Uso do cartão por tipo de usuário durante no ano de 2014

Em conclusão, ao levar em consideração a i) tarifa, ii) integração temporal, iii) uso do cartão, iv) tipo de cartão na análise da distribuição das validações ao longo dos meses contribui para a compreensão do comportamento do usuário. Essa etapa metodológica permite avaliar o perfil de usuários de acordo com a tarifa no sistema de transporte, a qual pode ser usada no desenvolvimento de políticas de marketing ou para o cálculo do valor da tarifa. A investigação da variação mensal da demanda revela os

meses com maior variação, o estudo da evolução da integração temporal e do uso do cartão permite a avaliação da efetividade de políticas que incentivam o seu uso.

Dentre as principais constatações para a cidade de Fortaleza pode se afirmar que o mês de outubro apresentou maior quantidade de validações (31.968.460; participação de tarifa inteira 80,46%; participação de tarifa meia 17,74%; participação de tarifa gratuidade 1,80%), já o mês de julho apresentou, em módulo, maior variação da demanda (18,27%) em relação ao mês anterior, a integração temporal ao longo do ano de 2014 apresentou modesto crescimento do seu uso, apresentando 5% em janeiro chegando a 7% em outubro, indicando aumento do uso da integração no sistema, mesmo com a rede não favorecendo o uso da integração temporal. Além de se constatar que em média 64% das validações são pagas com o uso do cartão, e ao se analisar qual tipo de cartão está sendo analisado foi possível analisar com mais efetividade o comportamento do usuário.

5.2.2 Distribuição das validações ao longo do mês

Com o objetivo de avaliar as validações ao longo de um mês, tomou-se como amostra o mês de setembro do ano de 2014, não houve aí critério específico para escolha desse período. Neste caso, o total de validações ocorridas em setembro de 2014 foi 31.143.207 validações (7,33% maior que a média mensal de 29.015.178 do ano de 2014). Na Figura 11 é possível observar as validações ocorridas ao longo dos dias do ano de 2014, conforme o tipo de tarifa (gratuidade, meia e inteira). Ressalta-se que durante esse período não houve férias escolares, feriados ou eventos atípicos registrados pela Prefeitura da cidade de Fortaleza.

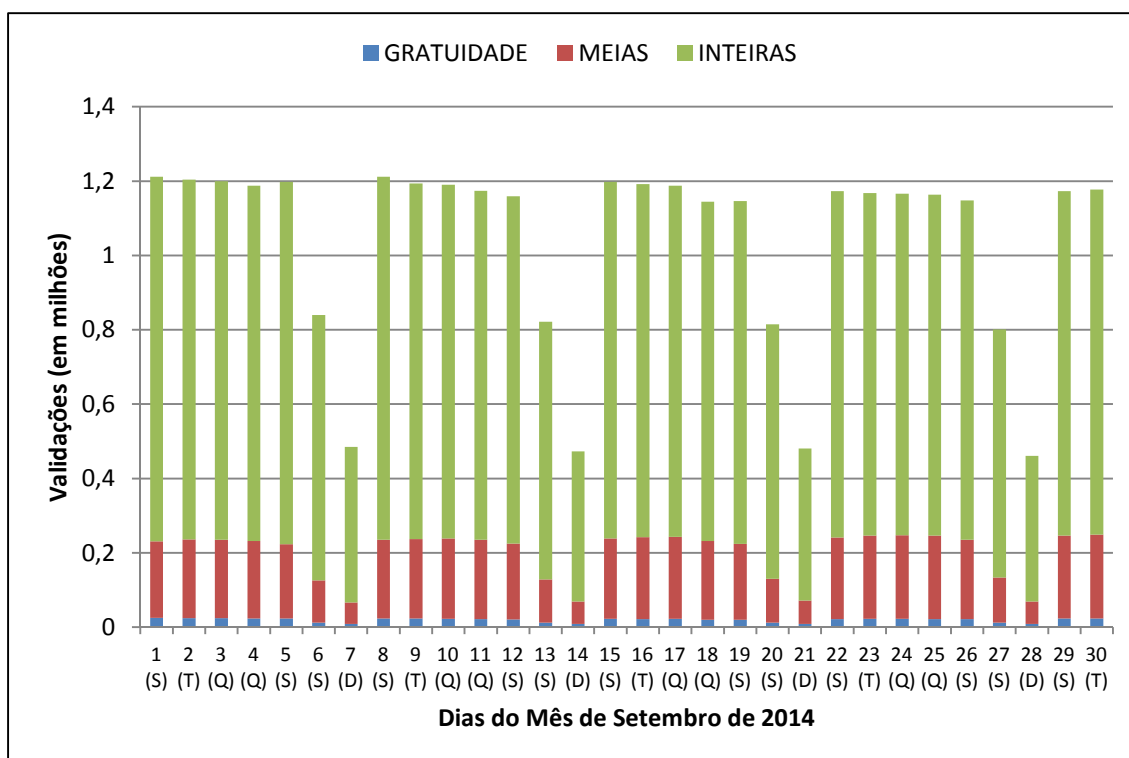


Figura 11 - Validações ocorridas ao longo dos dias em setembro/2014

Normalmente, é dificultoso alterar a programação da oferta diariamente nos sistemas de transportes público, portanto a programação leva em consideração apenas o dia útil, sábado e domingo. No caso da cidade de Fortaleza, ao analisar a distribuição das validações ao longo do mês de setembro constatou-se: i) não há grande variação da demanda nos dias de segunda à sexta; ii) comportamento dos sábados é semelhantes, iii) comportamento dos domingos é semelhante. Portanto reforça-se que utilizar apenas três tipos de programação (dia útil, sábado e domingo) é prática recomendável, no entanto a variação entre os meses conforme foi visto na seção anterior é mais acentuada, devendo-se rever a programação mensalmente. A tabela 14 apresenta a síntese dos dados do mês de setembro, expondo a média e desvio padrão para o total de validações ocorridas no dia útil, sábado e domingo. Observa-se aí que o coeficiente de variação para o dia útil, sábado e domingo apresentam valores pequenos, reforçando que se pode tratar a programação da oferta considerando apenas esses três tipos de dia.

	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
UTIL	1.180.291,95	20.404,77	1,73%
SABADO	819.215,00	16.037,68	1,96%
DOMINGO	474.981,00	10.769,66	2,27%

Tabela 14 - Estatísticas do mês de setembro/2014 do SIT-FOR

O mês de setembro, conforme observado na seção anterior, apresenta uma participação de 80,67% das validações pagas com tarifa inteira, participação de 17,44% para tarifa meia e 1,89% para gratuidade, tais valores foram obtidos ao se considerar todos os dias do mês de setembro sem distinção. Ao se aprofundar no detalhamento para o mês de setembro, foi observado o comportamento conforme o dia da semana. A tabela 15 apresenta os resultados médios da participação ao considerar os dias úteis, sábados e domingos. Observa-se aí, que no fim de semana a participação de cada tipo de tarifa são bem diferentes do que os valores médios para o mês. De fato, o uso no fim de semana é diferente do que na semana, pode-se perceber que as validações pagas com tarifa meia são mais acentuadas durante a semana. Ressalta-se que no sábado o total de validações chega a ser 70% da demanda do dia útil e no domingo essa relação chega a ser 40% do dia útil.

	INTEIRA	MEIA	GRATUIDADE
MEDIA MENSAL	80,67%	17,44%	1,89%
UTIL	79,88%	18,18%	1,94%
SABADO	84,18%	14,30%	1,53%
DOMINGO	85,43%	12,67%	1,90%

Tabela 15 – Uso por tipo de tarifa no mês de setembro/2014 no SIT-FOR

Ao se classificar as validações pela ocorrência de integração temporal, observou-se a proporção média de integrações temporais por dia da semana. Constatou-se que durante os dias úteis aproximadamente 7% das validações realizadas são provenientes de integração temporal, contudo, esse valor diminui para 5,5% e 3,3% no sábado e domingo, respectivamente. No mês de setembro, a integração temporal esteve acima da média anual, porém ainda segue valores modestos. A diminuição desses valores nos finais de semana é esperada, pois se muda o tipo de viagem. Na tabela 16 é apresentada a proporção de integrações ao longo da semana.

	INTEGRAÇÃO	S/INTEGRAÇÃO
UTIL	7,32%	92,68%
SABADO	5,57%	94,43%
DOMINGO	3,38%	96,62%

Tabela 16 – Uso da integração temporal no mês de setembro/2014 no SIT-FOR

A última análise levou em consideração o modo de pagamento. Constatou-se que durante os dias úteis o uso do cartão como modo de pagamento ficou em torno de 67% do total de embarque. Nos finais de semana esse valor diminuiu para 61% nos sábados e 52% nos domingos. Na Tabela 17 são apresentados os valores de uso de cartão conforme o dia da semana.

	COM CARTÃO	SEM CARTÃO
UTIL	67,07%	32,93%
SABADO	61,54%	38,46%
DOMINGO	52,89%	47,11%

Tabela 17 - Uso do cartão durante por tipo de dia no mês de setembro/2014 no SIT-FOR

Em conclusão, ao analisar a distribuição das validações ao longo do mês, foi possível verificar o comportamento da demanda ao longo dos dias da semana e constatar diferentes padrões para cada dia de semana. Tal análise torna-se importante sob o ponto de vista do planejamento operacional do sistema, sendo que o SBE mostra-se eficiente no fornecimento informações sobre o sistema, contribuindo para o processo de planejamento, em especial para a caracterização do sistema.

5.2.3 Distribuição temporal das validações ao longo do dia

O SBE permite avaliar as validações de forma mais desagregada, possibilitando caracterizar o sistema ao longo das horas do dia, o que é fundamental para planejar a oferta do sistema, construindo estratégias operacionais distintas de acordo com a hora do dia. Para representar o potencial SBE, tomaram-se dados referentes ao dia 15 de setembro de 2014. O total de validações ocorridas nesse dia foi de 1.198.223, valor 10% maior que a média diária do ano de 2014. A partir das informações disponíveis neste dia, construiu-se um histograma que relaciona o total de validações pela faixa horária, o que está apresentado na Figura 12.

Nota-se no período de 05h00min às 09h00min maior quantidade de validações no período da manhã, representando o período de pico da manhã, sendo que a quantidade máxima de validações foi de 117.729 na faixa horária de 06h00min às 07h00min, o que a caracteriza como hora pico da manhã para o SIT-FOR. Em relação ao período da tarde, constata-se que para o dia em análise que o período de pico ocorre na faixa horária 16h00min às 20h00min, e a hora pico no período da tarde teve 112.534

validações na faixa de 17h00min às 18h00min. O período entre os picos possui aproximadamente 58.000 validações por hora. Assim, o turno da manhã e da tarde são responsáveis pela maior solicitação do sistema, isso pode ser justificado pelo fato de a maioria das atividades terem início no período da manhã e fim no período da tarde.

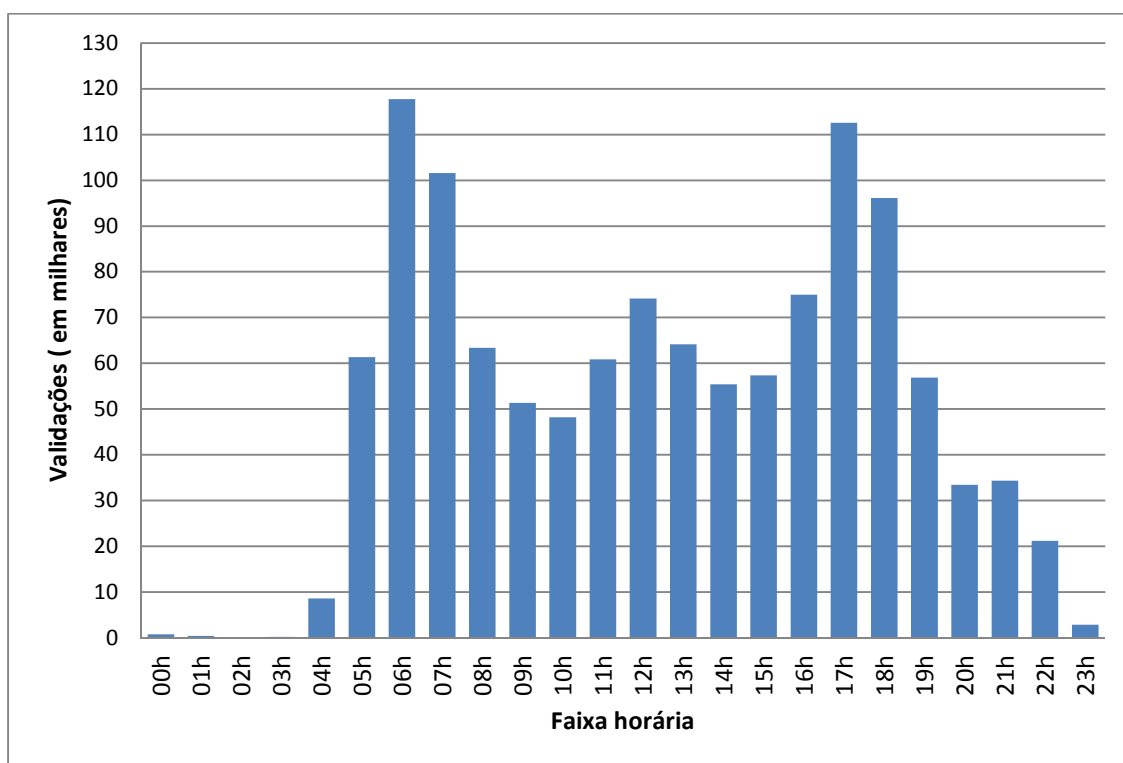


Figura 12 - Número de validações no SBE por faixa horária (15/09/2014)

Ao classificar as validações de acordo com o tipo de tarifa, foram obtidos diferentes padrões de distribuição com picos distintos além do período de pico da manhã/tarde. Os usuários que pagam tarifa inteira apresentam período pico entre 11h00min às 13h00min. Já os usuários que pagam tarifa meia, apresentam um pico na faixa de 11h00min às 14h00min e na faixa de 20h00min às 23h00min. Na Figura 13 é apresentado o gráfico que retrata tal situação.

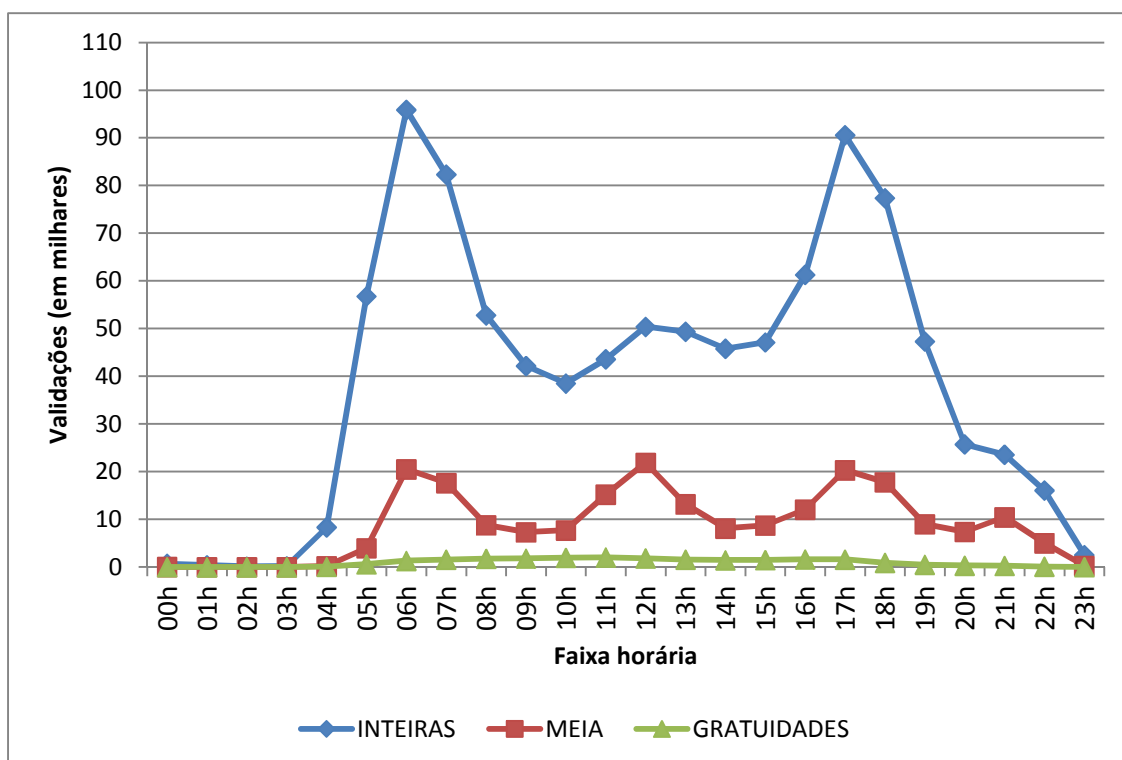


Figura 13 - Demanda por faixa horária por tipo de tarifa (15/09/2014)

Ao agregar as validações de embarques levando em consideração as linhas de ônibus e o sentido da linha, pode-se obter o carregamento na linha em cada faixa horária de acordo com o sentido. Para ilustrar essa análise tomou-se a linha de ônibus com código 75. O total de embarques ocorridos nessa linha no dia 15/09/2014 foi de 17.262, a distribuição horária por sentido estão representadas na Figura 14. Observa-se aí que o maior carregamento de validações ocorre às 06:00 no sentido ida e às 17:00 no sentido volta. Esse comportamento é esperado, uma vez que o sentido da linha está de acordo com o movimento pendular dos usuários, a qual pelo período da manhã os usuários se deslocam para desenvolver suas atividades de trabalho, estudo ou outros e a tarde os usuários se deslocam para suas respectivas residências.

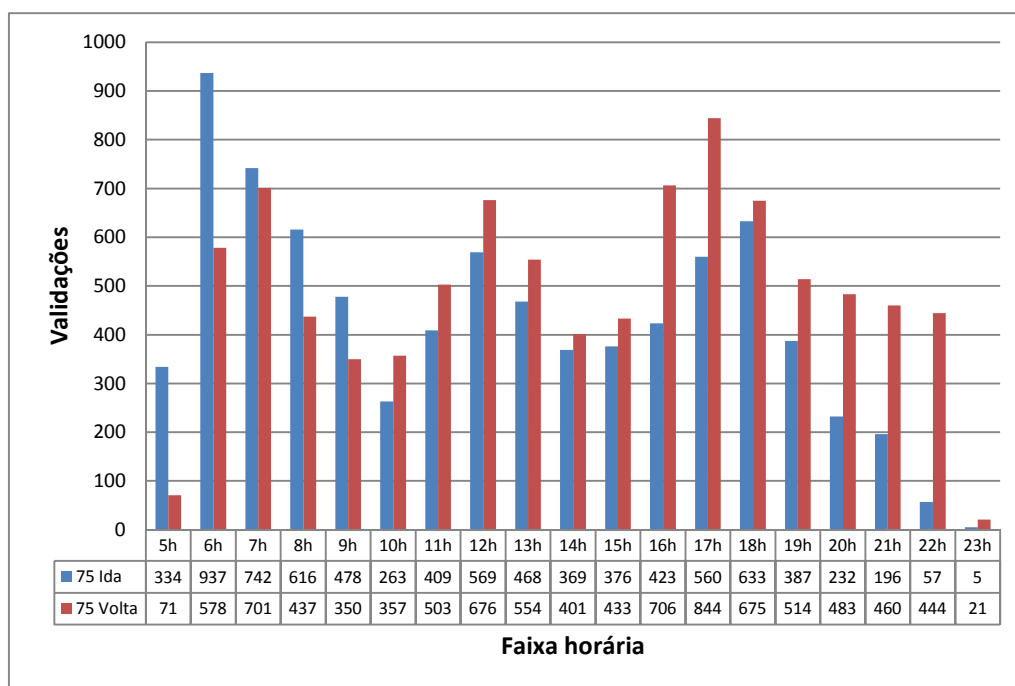


Figura 14 - Número de validações por faixa horária na Linha 075

Em conclusão, ao utilizar os dados provenientes do SBE pode-se identificar os períodos em que o sistema de transporte público está com maior número de validações, o que pode contribuir para o processo de caracterização e, conseqüentemente, auxiliar na programação operacional das linhas de ônibus. No entanto vale ressaltar, que os embarques realizados nos terminais não são contabilizados. Logo, para avaliar a integração física em terminais, será necessário realizar outras pesquisas para quantificar o total de passageiros que embarcam em cada linha pelos terminais. Também não é possível quantificar plenamente as gratuidades que fazem uso do sistema, tendo em vista que não rigor no controle das gratuidades.

Das observações realizadas, as principais constatações são que SBE possui quantidade e qualidade importante de informações, contribuindo para o processo de planejamento de transportes, em especial, para o processo de caracterização da problemática do sistema de transporte público. Em termos de distribuição temporal das validações e tipo de validações, constatou-se que Fortaleza apresenta carregamento elevado ao longo dos meses típicos (quando não tem férias) e ao longo dos dias da semana, em especial no período da manhã. Nota-se que há predomínio de viagens com “vale transporte” e tarifa integral, o que pode ser um forte indicio de viagens realizadas por motivo trabalho, por fim o padrão de carregamento ao longo das horas do dia aponta que, para as condições avaliadas, existe predominância de movimento pendular.

5.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS VALIDAÇÕES

Essa etapa metodológica tem por objetivo verificar como ocorrem as validações no território da cidade, juntamente com a variável temporal. Para tal, as validações foram agregadas no espaço e no tempo. Em relação à distribuição no espaço as validações foram agregadas em 173 zonas de tráfego, já em relação à temporalidade foi utilizado 24 períodos de uma hora a partir de 00h00min. Para exemplificar tal situação foi utilizado como amostra o dia 15 de setembro de 2014 para realizar essa etapa.

Primeiramente, será analisada a espacialidade de todas as validações realizadas no dia, identificando as zonas que obtiveram maior número de embarques. Em seguida, será analisado o comportamento espacial das validações no período de pico da manhã e no da tarde. No Apêndice A encontra-se o total de validações por zona de tráfego de todos os períodos considerados.

A importância dessa análise está em permitir ao analista de transportes a visualização no território da cidade de como ocorre a distribuição espacial das validações. Assim é possível identificar as zonas que possuem maior solicitação de oferta, permitindo avaliar, por exemplo, se a infraestrutura de transporte de cada zona está suficiente para atender a demanda. Ao se considerar a variável temporal, pode-se investigar o carregamento das zonas de acordo com as faixas horárias, permitindo verificar o carregamento das zonas, ou qualquer outra unidade de agregação, de acordo com o período desejado. Ressalta-se que cada validação possui um par de coordenadas, permitindo utilizar qualquer nível de agregação territorial.

5.3.1 Distribuição espaço-temporal das validações totais no dia

Nessa etapa metodológica, após inserir as coordenadas geográficas em cada validação realizada no STPP, será possível agregar as validações utilizando zonas de tráfego. Esta análise é importante para identificar como os deslocamentos estão se distribuindo ao longo da cidade, impactando diretamente sob a ótica do planejamento estratégico, o que permitirá avaliar o comportamento espaço-temporal das viagens.

Ao se utilizar dos dados da cidade de Fortaleza, pôde-se realizar a espacialização de todas as 1.198.223 validações que ocorreram no dia 15/09/2014, obtendo-se o carregamento apresentado na Figura 15. Observa-se aí o carregamento das zonas de tráfegos, totalizando todas as validações que ocorreram ao longo do dia. Quanto mais escuro maior o número de validações ocorridas em cada zona de tráfego. Dessa forma,

as áreas da cidade com maior número de validação são as regiões periféricas, localizadas ao sul e ao leste da cidade, bem como a região central ao norte da cidade.

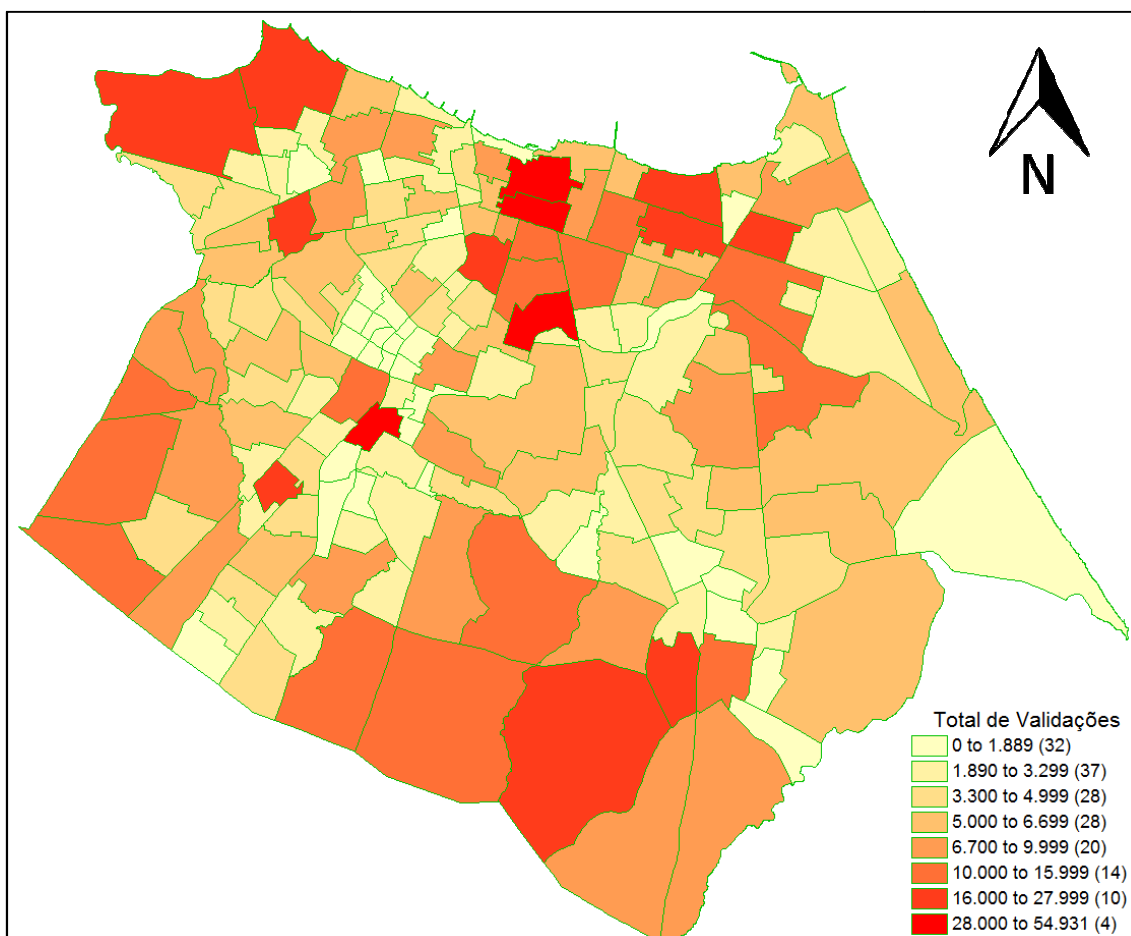


Figura 15 - Total de validações no dia 15/09/2014

Pode-se afirmar, no caso da cidade de Fortaleza, que este comportamento é esperado uma vez que essas regiões periféricas possuem maior densidade populacional e a região norte possui maior quantidade de serviços, empregos e comércios, normalmente esses fatores são os principais em termos de geração de viagens.

Assim, ao utilizar os dados de validações espacializados no território da cidade, pode-se investigar as zonas de tráfegos estabelecendo relações com a quantidade de emprego, renda, densidade populacional e outros fatores que possam estar relacionados à produção de viagens, permitindo compreender melhor esse processo.

5.3.2 Distribuição espaço-temporal das validações por hora

Nessa etapa metodológica, será agregado o total de validações de acordo com a zona de tráfego e a faixa horária. Tal análise permitirá analisar o fator temporal do carregamento do sistema de transporte juntamente com o fator territorial.

No caso da cidade de Fortaleza, conforme apresentado na seção 5.2 - distribuição temporal das validações, os períodos de pico identificados acontecem de 5:00:00 às 9:00:00 (período de pico da manhã) e de 16:00:00 às 20:00:00 (período de pico da tarde). Cada período de pico é responsável por aproximadamente 28,5% das validações ocorridas no dia todo, ou seja, 57% das validações do dia. Uma vez que, grande parte das validações ocorre nesses períodos vale a pena se investigar com mais profundidade esses eventos no período de pico juntamente com o fator espacial.

Portanto, foi construída uma relação espacial das validações em função dos períodos mencionados, os resultados estão apresentados nas Figuras 16 e 17, para validações ocorridas no período de pico da manhã e no período de pico da tarde, respectivamente. A Figura 16 apresenta as zonas de tráfegos com grande carregamento tanto no norte da cidade como nas periferias, enquanto que na Figura 17 há predominância da região norte com maior carregamento. Tal comportamento pode ser atribuído ao fato das zonas periféricas possuírem predominância de uso residencial e as região norte possuir predominância de uso comercial, concentrando o maior número de emprego. Assim no período de pico da manhã é observado maior carregamento das zonas residências, possivelmente partindo de suas casas para o trabalho, já no período de pico da tarde é observado o movimento inverso. Reforçando a hipótese de movimento pendular, discutida no início dessa seção.

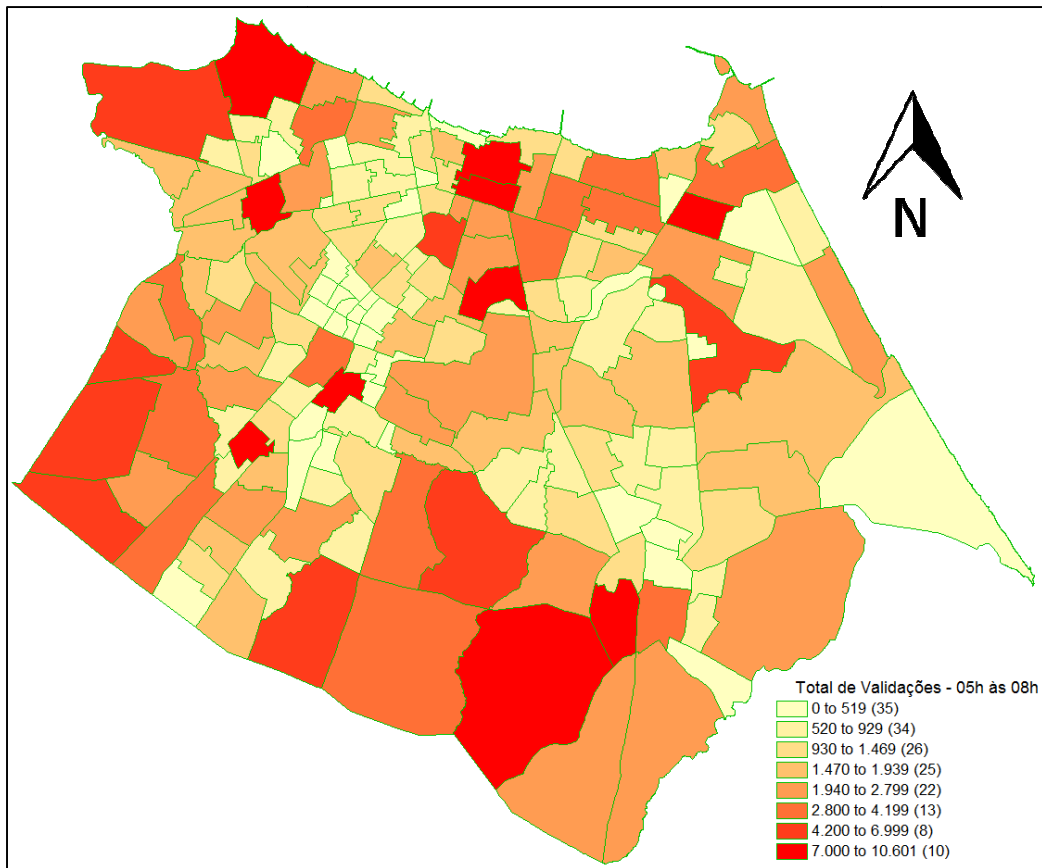


Figura 16 - Total de validações na faixa de 05h às 08h do dia 15/09/2014

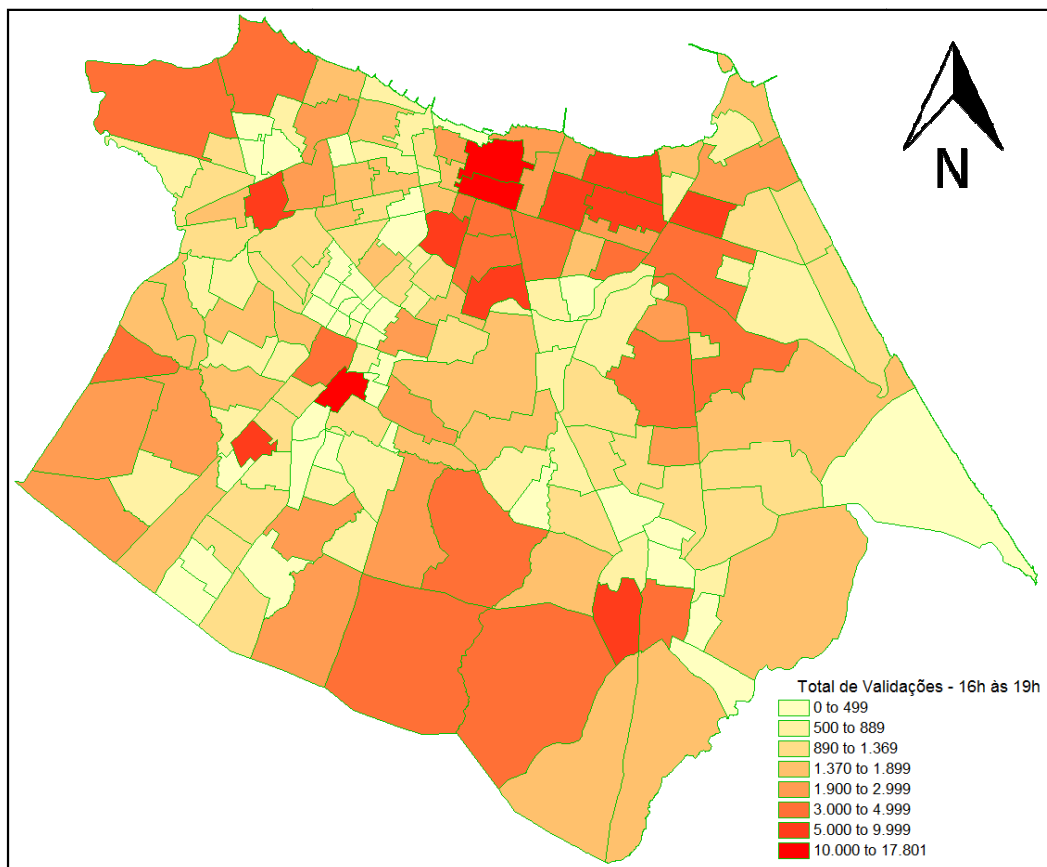


Figura 17 - Total de validações na faixa de 16h às 19h do dia 15/09/2014

Como foi observado na seção anterior, mesmo no período de pico há variação entre as faixas horárias. Com intuito de investigar como se dá a distribuição espacial dentro do período de pico, tomou-se a distribuição espacial para a faixa horária de 5h e para a faixa horária de 6h. As Figuras 18 e 19 apresentam, respectivamente, o total de validações ocorridas na faixa horário de 5h e na faixa horária de 6h. Observa-se aí que as validações realizadas no faixa de 5h são realizadas apenas na periferia da cidade, enquanto que as validações realizadas na faixa de 6h são realizadas em várias áreas da cidade. Consta-se que a produção de viagens nas regiões periféricas tem início mais cedo do que nas regiões melhores centralizadas. Acredita-se que isso se deve ao fato de as distâncias percorridas pelos usuários das regiões periféricas serem maiores do que as distâncias das regiões mais próximas ao centro, portanto o início das viagens nas áreas periféricas acaba ocorrendo mais cedo.

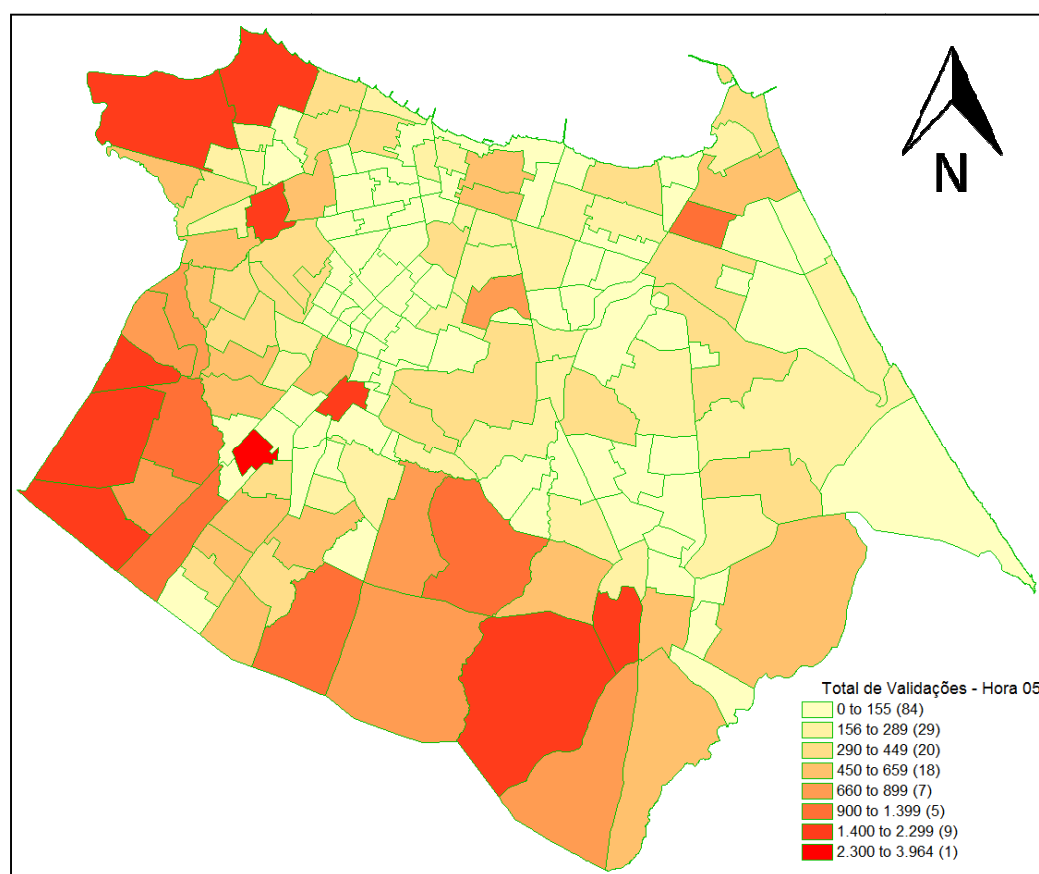


Figura 18 - Total de validações ocorridas às 05h do dia 15/09/2014

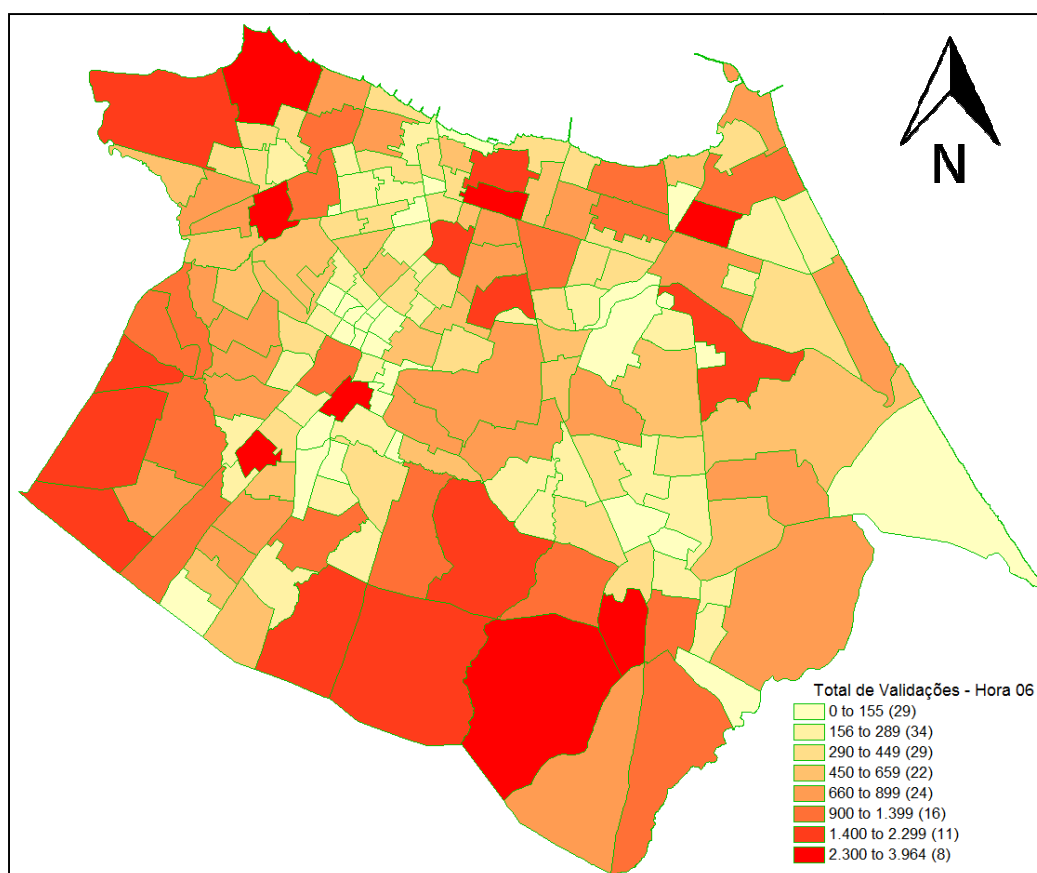


Figura 19 - Total de validações ocorridas às 06h do dia 15/09/2014

Essa possibilidade de avaliar as validações de forma espacializada é de suma importância para o processo de caracterização, bem como ao planejamento estratégico. Assim sendo, o SBE tem papel importante ao possibilitar o fornecimento de tais informações. A partir dessas constatações, é possível buscar identificar o padrão de deslocamentos ocorridos no sistema de transporte público.

5.4 QUANTIDADE DE VALIDAÇÕES

Em continuidade a metodologia de caracterização do STTP a partir dos dados do SBE, essa etapa irá agregar as validações levando em consideração a linha da rede de transporte público utilizada pelo usuário, permitindo identificar o perfil de usuários para cada linha, as linhas mais demandadas, bem como as linhas que são mais utilizadas para realização da integração temporal. Além disso, as validações serão agregadas, também, considerando o próprio usuário como unidade, obtendo assim o total de validações por usuário e o total de integrações por usuário.

Cada registro de validação possui, dentre outras informações, o código da linha de ônibus a qual ocorreu o embarque e, nos casos que utilizaram o cartão para realizar a

validação, também há o código do usuário, portanto as validações podem ser agregadas levando em consideração essas unidades.

5.4.1 Número médio de viagens por linha

Foram utilizados os dados de validações realizadas no SIT-FOR do dia 15 de setembro de 2014, segunda-feira, para exemplificar os resultados dessa etapa. Ao agregar as validações por linha do sistema, foi possível obter as linhas mais carregadas bem como o perfil de usuário por tipo de tarifa, na Tabela 18 são apresentadas as cinco linhas com maior carregamento. Destaca-se a linha com o código 45 e nome “Cj. Ceará/Papicu/Montese”, a qual possui maior carregamento dentre as linhas da rede. Ressalta-se que para o cálculo das linhas mais carregadas, foi totalizado todas as validações realizadas na linha.

Tal análise permite obter o desempenho do sistema, além de possibilitar a avaliação do valor arrecadado em cada linha. No caso de Fortaleza, onde a operação das linhas é dividida em consórcios, tal análise pode ser usada para distribuição dos valores arrecadados entre os participantes dos consórcios.

Vale ressaltar que para as linhas que realizam integração física em terminais faz necessário realizar outras pesquisas para quantificar o total de passageiros que embarcam pelo terminal. Dentre as cinco linhas mais carregadas, apenas a linha 75 – Campus do Pici/Unifor não faz integração física em terminal, portanto o total de embarques nas outras linhas pode ser maior.

Em seguida, ao se levar em consideração apenas o número de integrações temporais ocorridas em cada linha, foi possível obter as linhas com maior ocorrência de integração bem como o perfil dos usuários por tipo de tarifa que estão realizando integração temporal, na Tabela 19 é apresentado as cinco linhas com maior ocorrência de integração temporal.

Ao se analisar a Tabela 18 e a Tabela 19, percebe-se que a linha 75 se destaca com o valor de 35% de participação de estudantes (tarifa meia) em relação ao valor da participação de estudantes das outras linhas, aproximadamente 15%. Esse fato colabora com o valor da participação dos estudantes na integração temporal, aonde a linha 75 possui valor de 42% e as outras linhas em torno de 22%.

Cod	Nome	TOTAL	MEIA	INTEIRA	GRATUIDADE
45	Cj Ceará/Papicu/Montese	18.067	15,0%	84,3%	0,7%
41	Parangaba / Oliveira Paiva / Papicu	17.582	18,8%	80,8%	0,5%
75	Campus do Pici/Unifor	17.262	35,2%	64,4%	0,4%
42	Ant. Bez./Fco sá/Papicu	17.011	14,2%	85,1%	0,8%
26	Antônio Bezerra/Messejana	16.844	16,5%	82,7%	0,8%

Tabela 18 – Linhas com maior número de usuários

Cod	Nome	INTEGRAÇÕES	MEIA	INTEIRA
75	Campus do Pici/Unifor	2.324	42,6%	57,4%
650	Messejana/Centro/Br	1.894	24,5%	75,5%
45	Cj Ceará/Papicu/Montese	1.680	20,4%	79,6%
26	Antônio Bezerra/Messejana	1.626	23,5%	76,5%
41	Parangaba / Oliveira Paiva / Papicu	1.626	23,9%	76,1%

Tabela 19 – Linhas com maior ocorrência de integração temporal

A Figura 20 apresenta a espacialização das linhas apresentadas Tabelas 18 e 19. Pode-se observar a que todas essas linhas possuem característica de linha troncal, interligando as regiões periféricas com o centro da cidade. I

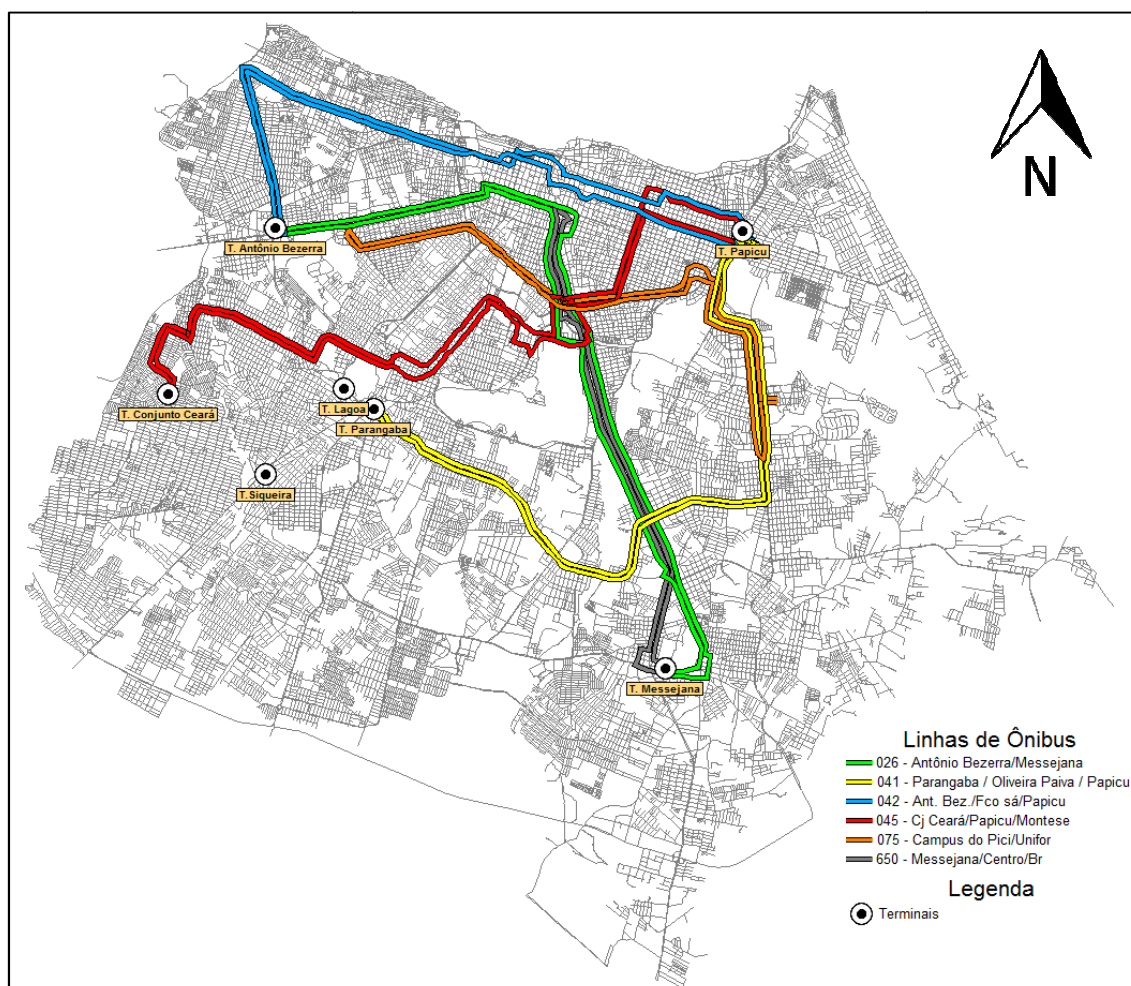


Figura 20 - Mapas de linhas de maior carregamento

Portanto, a utilização dos dados de validações agregados por linha se mostrou eficiente na identificação das linhas mais carregadas. A identificação do perfil de

usuário para cada linha pode ser usado para planejar ações que visem satisfazer a demanda de acordo com as necessidades de cada perfil. Ao se identificar as linhas mais utilizadas para integração temporal, pode-se procurar investigar a razão dessas linhas serem intensamente utilizadas para esse fim, e então, obter maior compreensão da integração temporal na rede.

5.4.2 Número médio de viagens por usuário

Para os usuários do STPP que utilizam *smartcard* para realizar o pagamento de suas viagens é possível identificar todos os embarques realizados por esse usuário, tais informações conectadas ao usuário possibilitam a análise do uso SIT-FOR focada no usuário.

Essa etapa metodológica utilizou das validações realizadas com *smartcard* para encontrar a quantidade de validações realizadas por usuário e a quantidade de integrações realizadas por usuário. Utilizou-se dos dados das validações realizadas entre o período do dia 15/09/2014 ao dia 19/09/2014 do SIT-FOR, sendo discutidos com mais detalhes os dados do dia 15/09/2014 (segunda-feira).

Do total de validações realizadas no dia 15/09/2014, 67% dessas foram realizadas com uso do cartão. Portanto das 1.198.209 validações realizadas, 802.795 ocorreram com *smartcard*, as quais foram realizadas por 334.071 usuários distintos (cada cartão corresponde a um usuário).

No entanto, é registrado na cidade de Fortaleza o uso inadequado do cartão, aonde cartões do tipo “Vale Transporte”, benefício fornecido por parte das empresas aos funcionários, são utilizados por cambistas nos terminais. O beneficiário do cartão vende seus créditos a um cambista que revende os créditos das passagens por um valor menor do que a tarifa praticada pelo sistema, assim o cartão é utilizado por vários usuários para acessar o sistema de transporte. A venda de créditos de viagens por cambistas acarreta no registro errado de validações realizadas pelo o usuário beneficiário do Vale Transporte, enquanto tais viagens não ocorrem por este usuário. Normalmente esses cartões são facilmente identificados, uma vez que a frequência de uso por dia é muito alta e os embarques são realizados no mesmo lugar várias vezes.

Utilizando ainda os dados do dia 15/09/2014, desenvolveu-se um filtro para excluir as validações provenientes de venda de créditos por cambistas, os cartões que possuem mais de 10 validações ao dia. Após aplicar esse filtro obteve-se que 19.953

validações (1,7% do total do dia) se enquadravam no quesito fraude, sendo que elas foram realizadas por 1.336 usuários distintos.

A partir da amostra tratada, na qual foram excluídas as fraudes, chegou-se a constatação que 47% dos usuários realizam duas validações ao longo do dia (média de 2,35 validações, com um desvio padrão de 1,27). O histograma para a frequência de uso do cartão são apresentados na Figura 21. Ressalta-se que para o cálculo dessas estatísticas foram utilizadas todas as validações pagas com cartão, incluindo validações de integrações temporais e excluindo-se as validações provenientes de fraudes.

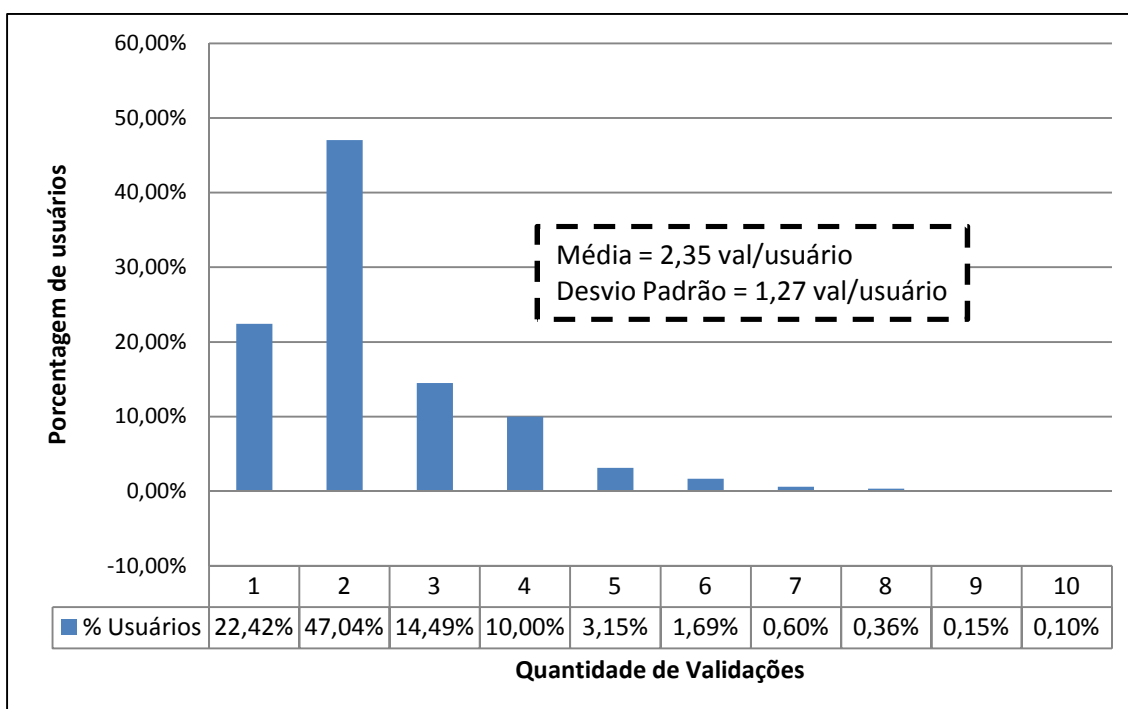


Figura 21 – Histograma da quantidade de validações por usuário

Ao desconsiderar as validações decorrentes de integração temporal, as quais são referentes a transferências ocorridas no sistema de transporte público, obteve-se que 52% dos usuários realizam 2,00 viagens por dia, com média de viagens igual a 2,10 com um desvio padrão de 1,07. A Figura 22 apresenta o histograma da quantidade de validações por usuário sem considerar as integrações temporais. Ressalta-se que para o cálculo dessas estatísticas foram utilizadas todas as validações pagas com cartão, excluindo-se as validações de integrações temporais e as validações provenientes de fraudes.

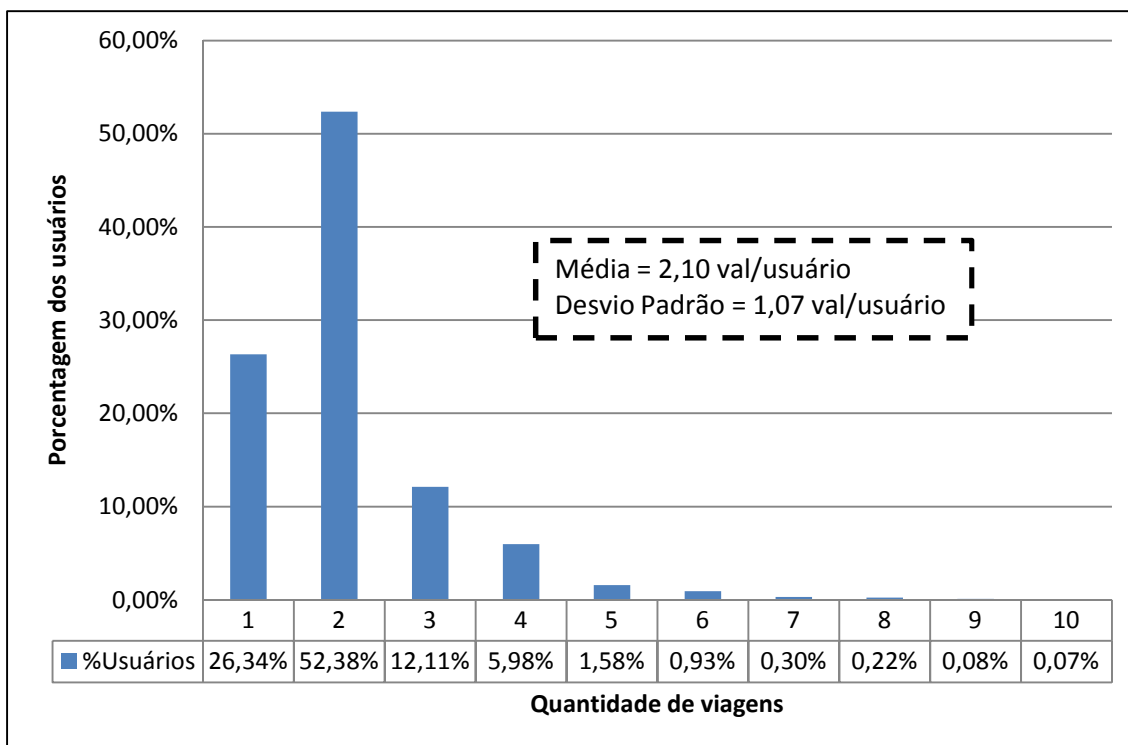


Figura 22 - Histograma da quantidade de viagens por usuário

Ao se considerar apenas as validações decorrentes de integração temporal, observou-se que 84% dos usuários não realizam integração temporal e que 9% realizam uma única integração temporal, a média de integração é de 0,25 com desvio padrão de 0,68, conforme apresentado na Figura 23.

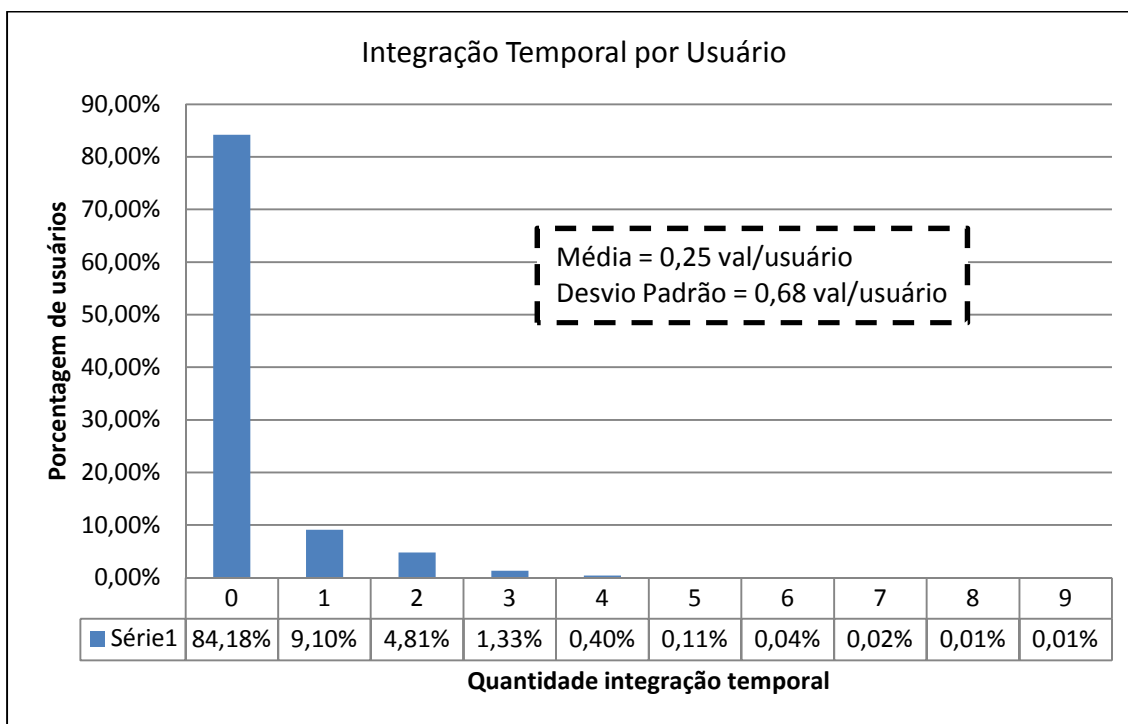


Figura 23 - Histograma da quantidade de integrações por usuário

A Figura 24 apresenta o resultado dessa análise para o período do dia 15/09/2014 ao dia 19/09/2014. Verifica-se que os resultados obtidos ao longo da semana são similares. Logo, pode-se afirmar que cada usuário realiza, aproximadamente, 2 viagens por dia. Vale ressaltar que apesar da integração temporal representar uma transferência, há ainda as transferências que ocorrem dentro do terminal, portanto o valor obtido representou apenas as transferências realizadas em via pública. Excluíram-se as validações provenientes de venda de créditos por cambistas nos dados do período investigado, de acordo com o filtro desenvolvido.

VALIDAÇÕES	DIA: 15/09/2014	DIA: 16/09/2014	DIA: 17/09/2014	DIA: 18/09/2014	DIA: 19/09/2014
ValPag	% N_USUÁRIOS				
1	22%	22%	22%	22%	24%
2	47%	48%	48%	48%	47%
3	14%	14%	14%	14%	14%
4	10%	10%	10%	10%	9%
5	3%	3%	3%	3%	3%
6	2%	2%	2%	2%	2%
7	1%	1%	1%	0%	1%
8	0%	0%	0%	0%	0%
9	0%	0%	0%	0%	0%
10	0%	0%	0%	0%	0%
MÉDIA	2,35	2,36	2,36	2,32	2,31
DESVIOPADRÃO	1,27	1,26	1,26	1,23	1,24

(a)

VIAGENS	DIA: 15/09/2014	DIA: 16/09/2014	DIA: 17/09/2014	DIA: 18/09/2014	DIA: 19/09/2014
ValPag	% N_USUÁRIOS				
1	26%	25%	26%	26%	28%
2	52%	53%	54%	54%	52%
3	12%	12%	12%	12%	11%
4	6%	6%	6%	5%	5%
5	2%	2%	1%	1%	1%
6	1%	1%	1%	1%	1%
7	0%	0%	0%	0%	0%
8	0%	0%	0%	0%	0%
9	0%	0%	0%	0%	0%
10	0%	0%	0%	0%	0%
MÉDIA	2,10	2,11	2,10	2,07	2,05
DESVIOPADRÃO	1,07	1,06	1,05	1,02	1,04

(b)

INTEGRAÇÕES	DIA: 15/09/2014	DIA: 16/09/2014	DIA: 17/09/2014	DIA: 18/09/2014	DIA: 19/09/2014
ValPag	% N_USUÁRIOS				
0	84%	84%	84%	84%	84%
1	9%	9%	9%	9%	9%
2	5%	5%	5%	5%	5%
3	1%	1%	1%	1%	1%
4	0%	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%	0%	0%
7	0%	0%	0%	0%	0%
8	0%	0%	0%	0%	0%
9	0%	0%	0%	0%	0%
MÉDIA	0,25	0,26	0,26	0,25	0,26
DESVIOPADRÃO	0,68	0,69	0,69	0,67	0,68

(c)

Figura 24 - Quantidade de validações por usuários período de 15/09/14 à 19/09/14 – a) todas as validações por usuário; b) viagens por usuário; c) integrações por usuário

Em conclusão, ao se investigar a frequência de solicitação da rede pelo usuário obtém-se que 90,83% dos usuários que possuem cartão realizam até três validações por dia (excluindo-se as integrações temporais). Essa etapa possibilita, também, identificar os cartões utilizados por cambistas, permitindo realizar o bloqueio desses cartões. No caso da cidade de Fortaleza, aonde a integração temporal de toda rede é recente, a compreensão da frequência de uso, bem como os outros aspectos que a influenciam, faz-se necessário para otimizar a rede e melhorar as condições de deslocamentos dos usuários. Percebe-se que ao longo da semana, a frequência de uso não sofre grandes alterações, indicando um padrão de comportamento por parte dos usuários. Portanto, essa etapa mostra-se relevante para compreensão dos deslocamentos realizados na rede de transporte público.

5.5 RECUPERAÇÃO DA MATRIZ ORIGEM DESTINO

Em conclusão, a última etapa dessa proposta metodologia para caracterização do STPP com base nos dados de bilhetagem eletrônica, utiliza das validações realizadas com o uso do *smartcard* para determinar a origem e destino das viagens realizadas no transporte público. Como foi dito anteriormente, ao acompanhar as validações realizadas pelos usuários juntamente com algum algoritmo, é possível determinar a origem e destino das viagens. O algoritmo desenvolvido nessa proposta metodológica utiliza das hipóteses de Barry et al. (2002) e a da realização de viagens puramente pendulares para determinação das origens e destinos.

Primeiramente, ao utilizar as informações cadastrais dos usuários foi investigada a relação entre o local de residência do usuário e o local de origem da primeira viagem do dia do usuário. Em seguida foi reconstruída a Matriz OD para os deslocamentos realizados no transporte público, com base nas viagens realizadas com o cartão no horário de pico.

Para fim de demonstração dessa etapa metodológica foi utilizado o período do dia 15/09/2015 ao dia 19/09/2015 para analisar o local de embarque com o endereço de residência do usuário. A reconstrução da Matriz OD utilizou dos dados apenas do dia 15/09/2015.

5.5.1 Local de Residência Vs Primeiro Embarque

Acredita-se que a primeira validação do usuário ocorre próximo ao local da sua casa, uma vez que, normalmente, as pessoas iniciam suas viagens partindo de suas casas com destino ao trabalho ou estudo. Como dito anteriormente, os usuários ao solicitarem seu cartão, preenchem um cadastro que contém: nome do usuário, tipo do cartão, endereço de residência, CPF e código do cartão. Aproveitando-se dessas informações, utilizou-se do endereço de residência do usuário para investigar a coincidência do primeiro embarque do dia com o local de a sua moradia.

Com intuito de comparar o local de origem da primeira viagem realizada no horário de pico com o local da residência do usuário, utilizou-se do local de embarque da primeira validação ocorrida no período de pico de 05:00:00 às 09:00:00, comparando-o com o local de residência do usuário proprietário do *smartcard*. No caso dos estudantes do turno da tarde, utilizou-se de critério diferente já que esses usuários iniciam suas atividades no período da tarde. Portanto, foi considerado também os cartões do tipo estudante que iniciavam suas viagens no período de 11:00:00 às 13:00:00. Assim tanto os usuários que estudam de manhã quanto os usuários que estudam a tarde são contemplados. Ressalta-se que os cartões identificados como “fraude” (vendidos por cambistas) não foram utilizados na análise.

No caso de Fortaleza, o banco de dados de informações cadastrais dos usuários estava inconsistente, não preenchido de forma padronizada e com erros de escrita. No desenvolvimento dessa análise foram encontrados diversos erros no banco de dados, por exemplo, diversas formas de nomear um determinado bairro, ou uso de um CEP único para toda a cidade, informações desatualizado. Esses fatores reduziram a quantidade de dados que puderam ser analisados, chegando a excluir 54% dos dados analisados.

De acordo com os critérios adotados foram obtidas 150.146 mil validações para o dia 15/09/2014, sendo que 54,82% foram excluídas da análise, pois os usuários apresentavam inconsistências no banco de dados cadastral. Do total de validações analisadas, constatou-se que 33,23% das validações coincidem o local de embarque, com o bairro da residência. A Tabela 20 apresenta os resultados de tal análise ao longo da semana do dia 15 ao dia 19 de setembro de 2014, observa-se aí que a média de validações em que o local do embarque coincide com o bairro da residência são de 33,66%.

	Dia 15/09/2014	Dia 16/09/2014	Dia 17/09/2014	Dia 18/09/2014	Dia 19/09/2014
NÃO COINCIDENTE	66.77%	66.06%	66.37%	66.13%	66.39%
COINCIDENTE	33.23%	33.94%	33.63%	33.87%	33.61%
Validações analisadas	67834	70222	69940	67521	65128
Total de validações	150146	155869	153655	148951	143823

Tabela 20 - Comparação do primeiro embarque com o local de residência

Ao analisar semana do dia 15 ao dia 19 de setembro, obteve-se que aproximadamente 66% dos usuários estão realizando o primeiro embarque do dia em locais distantes de suas casas, indicando elevada distância de caminhada. Ressalta-se que mais da metade dos dados foram excluídos da análise por apresentar inconsistência.

5.5.2 Recuperação da Matriz Origem Destino

A recuperação dos fluxos OD utilizou as hipóteses de Barry et al. (2002) e de viagens puramente pendulares. Utilizando dois períodos, o qual o primeiro período é aquele aonde se acredita que os usuários estão se deslocando para o trabalho/escola, e o segundo período é aquele o qual os usuários estão realizando o movimento inverso. Uma vez que se assumiu a hipótese de puro pendularismo, existe apenas a viagem de ida e a viagem de volta realizada pelos usuários.

Assim, a viagem de ida foi definida como a primeira validação realizada no primeiro período, já a viagem de volta foi definida como a primeira validação realizada no segundo período. Portanto, a origem de cada viagem foi definida como o local de embarque da primeira validação realizada em cada período. Uma vez que a validação não ocorre no desembarque, a aferição do destino das viagens foi feita de acordo com as hipóteses de Barry et al. (2002). Então, o destino da viagem de ida é a origem da viagem de volta e o destino da viagem de volta é a origem da viagem de ida.

Os períodos de picos do sistema de transporte foram utilizados para a determinação dos horários que delimitam os períodos na reconstrução dos fluxos. O primeiro período adotado tem como base a extensão do horário de pico da manhã, iniciando-se às 04:00:00 e dissipando-se às 09:59:59, já o segundo período foi baseado na extensão do horário de pico da tarde com início às 15:00:00, sendo estendido até o fim do dia.

No caso dos estudantes, foi adotado um critério diferente, visando adequar a análise aos turnos de aula (manhã e tarde), portanto para os estudantes do turno manhã adotou-se o período de 04:00:00 às 09:59:59 e o período de 11:00:00 às 15:59:59, já

para os estudantes do turno tarde adotou-se o período de 11:00:00 às 14:59:59 e o período de 15:00:00 às 23:59:59.

A fim de demonstrar os resultados dessa análise, foram utilizados os dados de validação do dia 15/09/2015. Nessa data, o total de validações no período de 04:00:00 às 09:59:59 realizadas pelos usuários foi de 334.566 validações, no entanto apenas 199.880 validações utilizaram o *smartcard* para realizar o pagamento da viagem. Aplicando o método proposto nas validações provenientes do uso do cartão, as quais permitem acompanhar as validações realizadas ao longo do dia, foi possível definir a origem e o destino para 134.688 viagens. Em termos percentuais, tem-se que 67,38% das viagens realizadas com cartão no pico da manhã e 40,26% de todas as viagens ocorridas no pico da manhã foram definidas com origem e destino.

Os fluxos recuperados podem ser visualizados nas Figuras 25 e 26, as quais apresentam as principais linhas de desejo obtidas a partir da matriz OD recuperada pela metodologia proposta. Observam-se na Figura 25 as linhas de desejo entre 87 a 152 viagens, ou seja, cada linha representada no mapa possui valor contido no intervalo. Pode-se constatar que no norte da cidade, região onde se encontra o centro histórico, possui maior concentração dos fluxos de viagens.

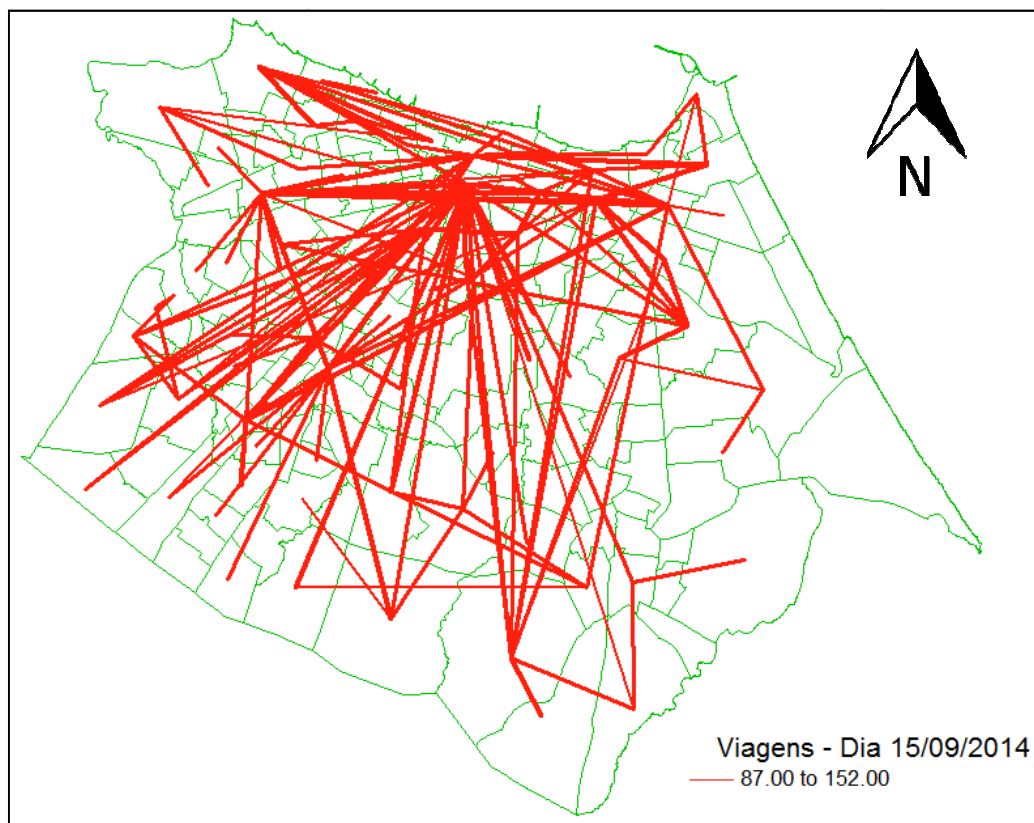


Figura 25 - Linhas de desejo considerando 87 a 152 viagens/dia

A Figura 26 apresenta as linhas de desejo entre os valores 152 e 890 viagens. Esses fluxos possuem valores bem superiores ao apresentado na figura anterior, acredita-se que isso ocorre, pois os terminais do sistema de transporte público estão inseridos dentro dessas zonas de origem/destino, além disso, essas zonas concentram grande parcela dos empregos da cidade.

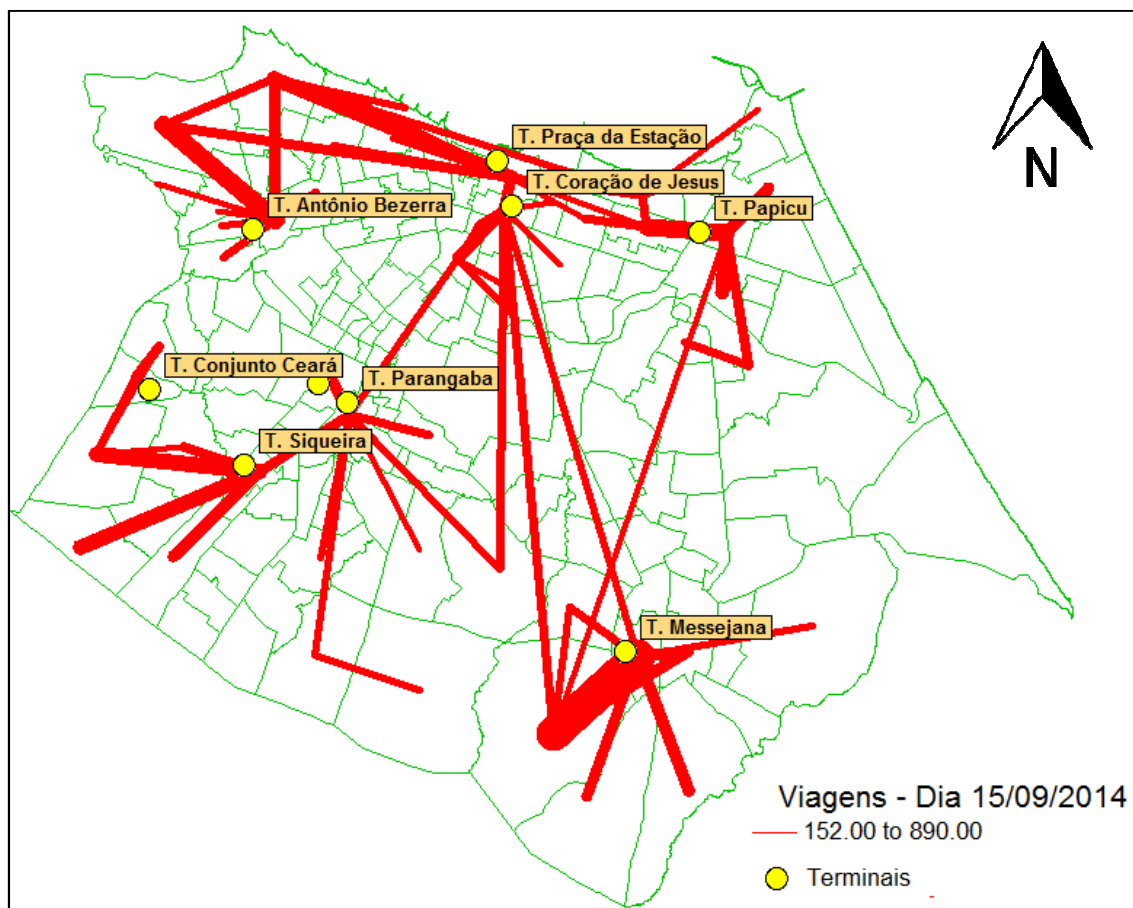


Figura 26 - Linhas de desejo considerando 152 a 890 viagens/dia

A fim de investigar superficialmente a relação entre o número de emprego nas zonas de tráfego e os fluxos de maior valor, utilizou-se do mapa temático com o número de emprego por bairro e do mapa de fluxos de viagens entre 152 e 890, o resultado é apresentado na Figura 27. Apesar do mapa de emprego utilizar outro zoneamento (considera bairros e não zonas de tráfego), pode-se perceber que as linhas de desejo coincidem com as zonas de maior número de emprego.

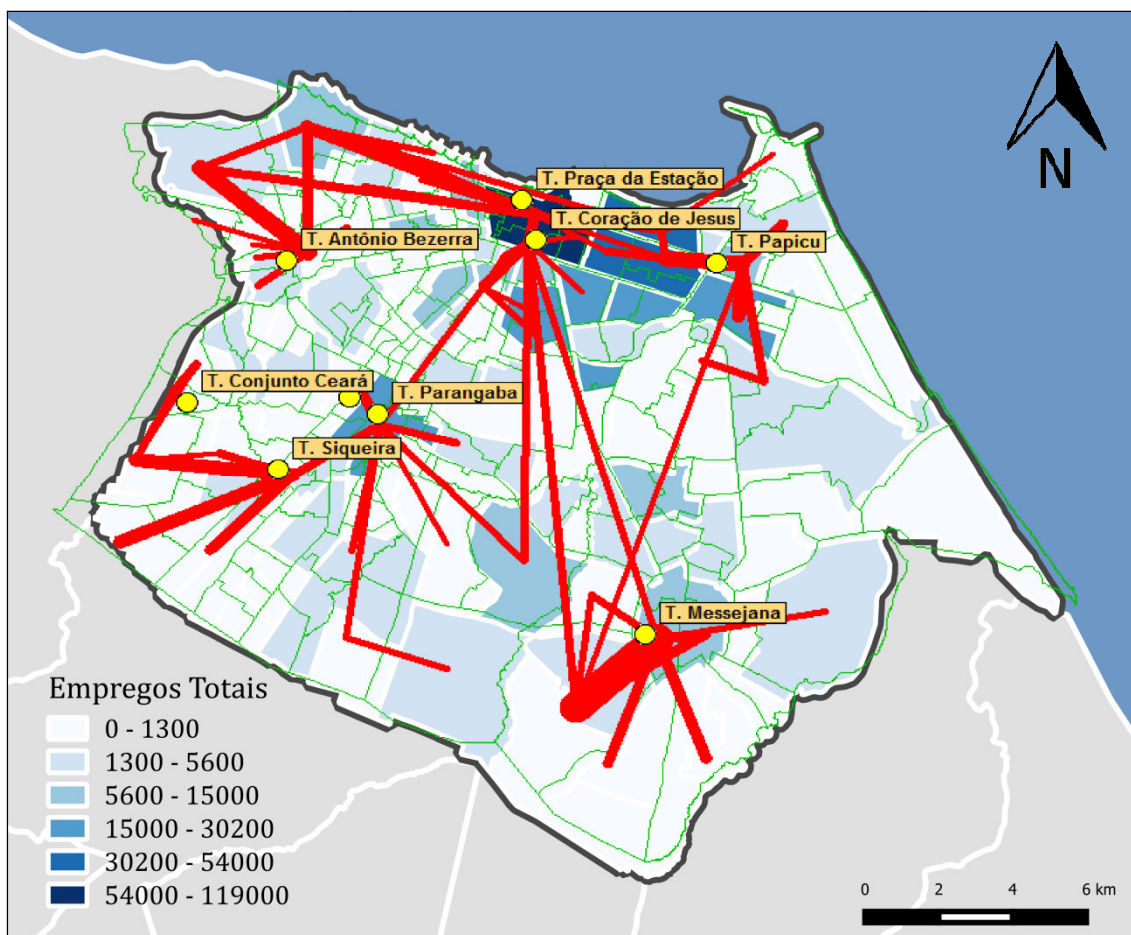


Figura 27 – Sobreposição das linhas de desejo com o total de emprego por bairro

Para reconstrução da matriz foi utilizado um zoneamento com 173 áreas, portando há 29.929 possibilidades de combinação entre os pares OD. A Matriz Recuperada resultou em 12.700 combinações de pares OD diferentes, ou seja, 42,43% dos fluxos possíveis. Além disso, a Matriz Recuperada obtida através dos dados de *smartcard* permite classificar as viagens com base nos campos registrados pelo SBE. Portanto para cada viagem é possível determinar o tipo do usuário, a linha de ônibus utilizada na viagem e o horário de início da mesma, enriquecendo o processo de caracterização. Ressalta-se que os dados para reconstrução da matriz já estavam disponíveis, não havendo nenhum custo a mais para adquirir os dados.

5.5.3 Validação do método proposto de recuperação da Matriz OD

A matriz OD recuperada a partir dos dados de bilhetagem eletrônica possui a qualidade de classificar os fluxos por tipo de usuário, linha de ônibus ou por qualquer outro campo registrado pelo SBE. Os fluxos também possuem as coordenadas de

origem e de destino, logo se pode agregar em qualquer zoneamento. Além do registro horário, o qual permite analisar as viagens em qualquer faixa de tempo.

Essas características permitem obter a matriz origem/destino para cada linha do sistema de transporte público. A validação da metodologia de reconstrução dos fluxos utilizou dessa vantagem, assim foi realizada uma pesquisa de campo em um conjunto específico de linhas para obter a origem e destino dos usuários, e em seguida se realizou a comparação entre os valores recuperados do SBE *versus* os valores observados nesse conjunto de linhas.

Vale destacar que o método de validação utilizado, apesar de simplificado, permite analisar com mais detalhe os fluxos dos usuários, além de ser uma alternativa à realização de uma pesquisa em origem destino em todo o sistema de transporte público o que demandaria altos recursos financeiros e de tempo.

A pesquisa de campo foi aplicada em sete linhas do SIT-FOR durante os dias 11 e 19 do mês de agosto de 2014 e utilizou 10 pesquisadores por turno (06:00 às 13:00 e 13:00 às 21:00), para cada linha foram amostrados 5 veículos da frota, sendo pesquisado uma linha por dia. O formulário utilizado pelos pesquisadores encontra-se no Anexo-A. Reforça-se que o objetivo dessa análise é validar a metodologia, não diretamente os fluxos obtidos, assim buscou-se avaliar se a matriz recuperada apresentava padrão semelhante ao da matriz observada em campo.

A coleta de dados se deu da seguinte forma: (i) em cada veículo da linha, dois pesquisadores conduziam a coleta de dados; (ii) a linha foi dividida em cinco trechos ao longo do seu itinerário; (iii) a medida que os usuários embarcavam, o pesquisador entregava uma ficha com a identificação do trecho a qual foi realizado o embarque; (iv) a medida que os usuários desembarcavam, outro pesquisador recolhia a ficha e anotava o trecho a qual o desembarque foi realizado; e (v) para cada viagem realizada pelo veículo era anotado a hora de início e fim da viagem. Ao final do processo foi obtida uma matriz OD observada composta por cinco trechos para usuários de cada linha.

Utilizando das propriedades do SBE, foi reconstruída uma matriz origem-destino específica para cada linha, utilizando o mesmo zoneamento dos trechos empregados nas pesquisas de campo. Assim pode-se analisar os fluxos entres os pares OD estabelecidos.

A fim de apresentar com mais detalhes os resultados obtidos para a validação, destacam-se aqui os resultados obtidos para linha com o identificador “709” e nome

“Conjunto Ceará/Centro”. Na Figura 28 é apresentado o zoneamento/trechos utilizado ao longo do itinerário para formulação da matriz OD.

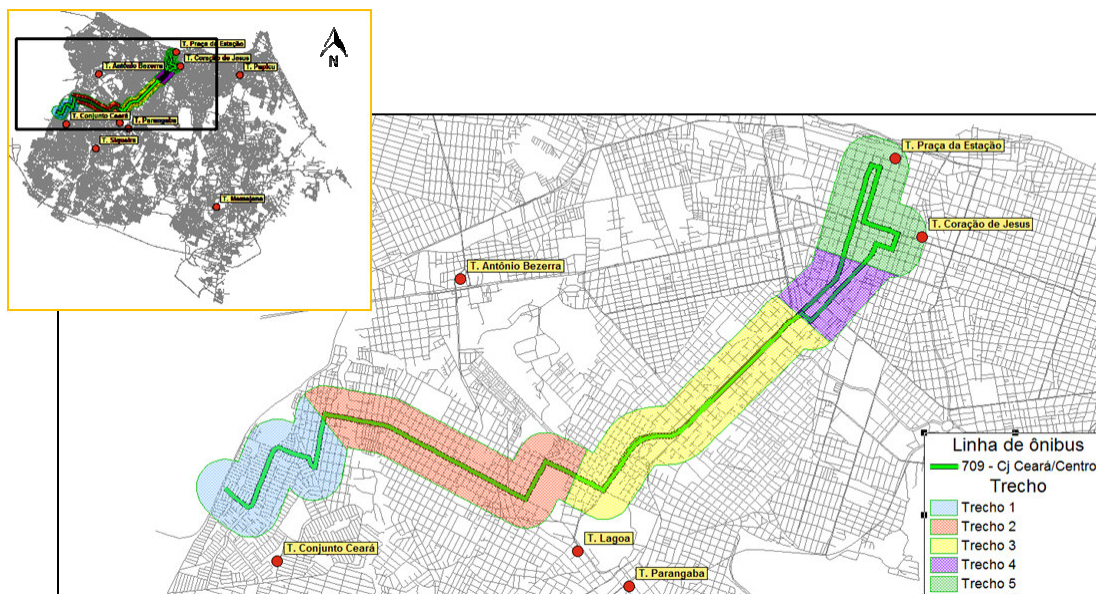


Figura 28 - Trechos ao longo do itinerário da linha 709

Os fluxos (observados e obtidos pelo SBE) dos pares origem/destino da linha com identificador “709” foram comparados em termos percentuais, sendo obtido o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,805 e um coeficiente de correlação de Pearson (r) igual à 0,897, os quais indicam uma forte correlação entre os dados. Na Figura 29, são apresentados tais resultados, no eixo x é apresentado os valores observados e no eixo y os valores recuperados, portanto quanto mais próximo de 45 graus a reta estiver mais próximo a matriz recuperada vai estar da matriz observada.

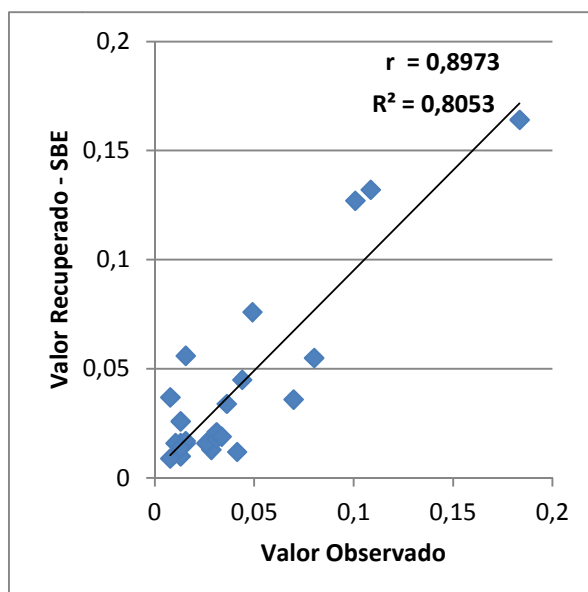


Figura 29 - Valor recuperado/SBE vs valor observado da linha 709

O itinerário das sete linhas pesquisadas para construção da matriz observada é apresentada na Figura 30. Vale destacar que as linhas selecionadas não fazem integração física em terminal, esse critério de seleção foi utilizado, pois as transferências realizadas por meio da integração física não são registradas pelo SBE, tornando-se dificultoso analisar os fluxos das linhas que realizam integração no terminal.

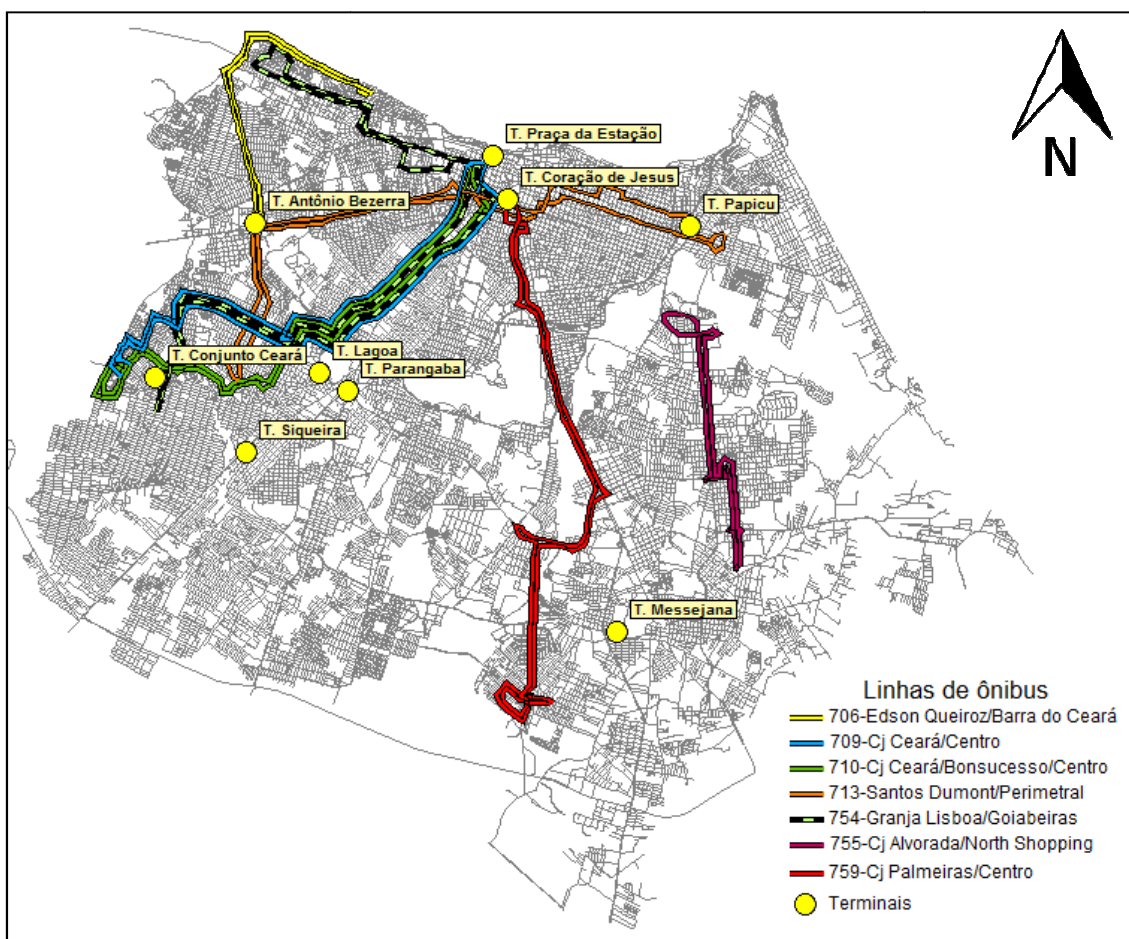


Figura 30 - Mapa de itinerário do conjunto de linhas amostrado

A comparação dos valores observados e recuperados de cada linha está apresentada na figura 31, percebe-se que a linha 710 apresenta o pior resultado ($r = 0,609$ e $R^2 = 0,372$) e a linha 754 apresenta o melhor resultado ($r = 0,938$ e $R^2 = 0,880$).

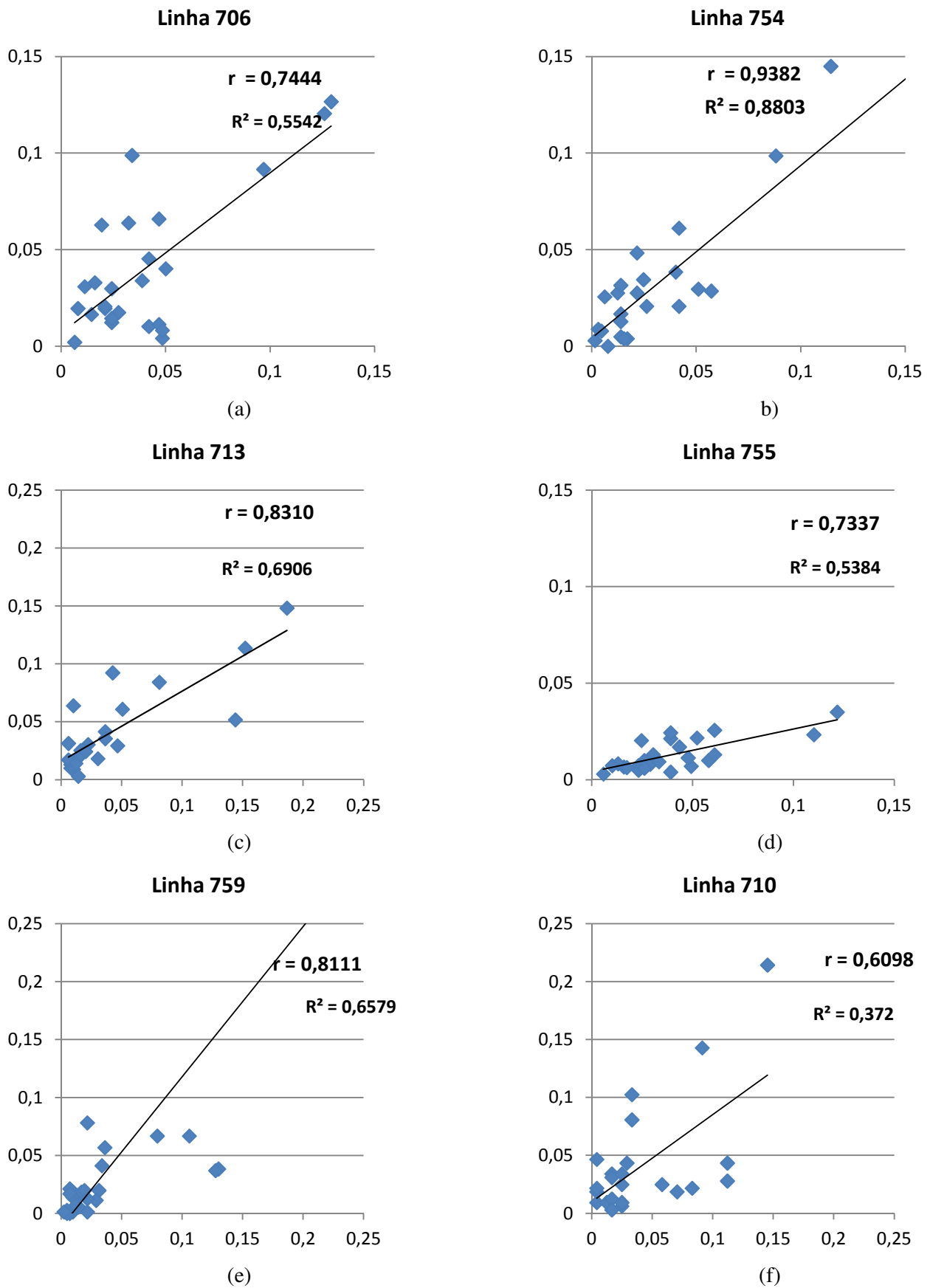


Figura 31 - Valor recuperado/SBE vs valor observado (a) Linha 706; (b) Linha 709; (c) Linha 713; (d) Linha 755; (e) Linha 759; (f) Linha 710

Ao analisar todos os valores dos fluxos OD do conjunto de linhas observa-se um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,568 e um coeficiente de correlação de Pearson (r) igual à 0,753. Portanto percebe-se que a matriz OD a partir dos dados de SBE possui uma boa aderência com os dados observados em campo. O gráfico com todos os valores é apresentado na Figura 32.

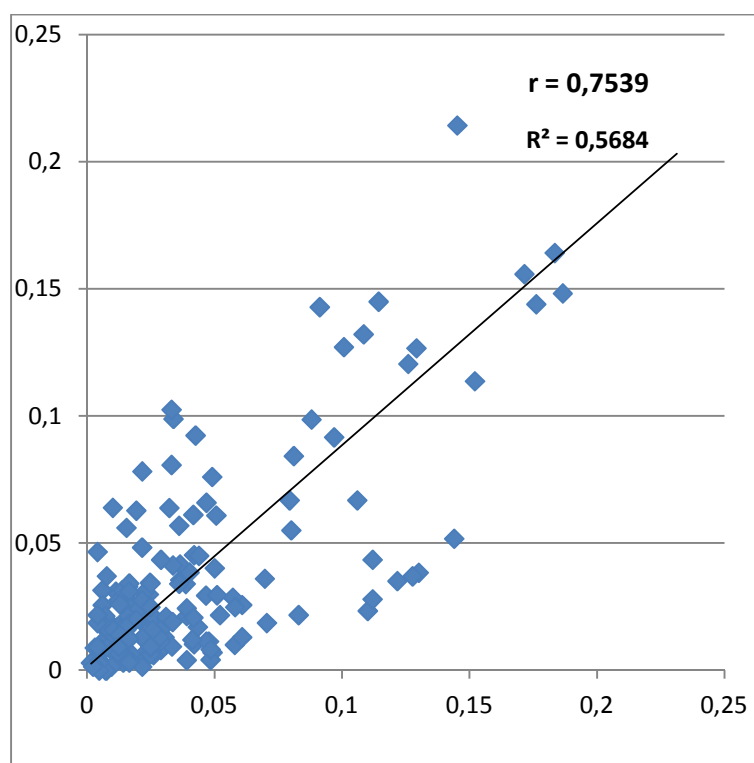


Figura 32 - Valor recuperado/SBE vs valor observado considerando todas as linhas

Assim, pode-se perceber que os valores da matriz resultante dos dados de Bilhetagem Eletrônica do conjunto de linhas mostraram-se próximas aos valores da matriz observada, indicando que o método é eficiente em recuperar os fluxos origens/destinos, porém é relevante continuar com as análises e obter uma matriz OD observada que reflita o sistema como um todo para realizar a validação da matriz reconstruída pelo SBE como um todo.

Portanto, o SBE mostrou-se ferramenta útil no fornecimento de informações sobre o STPP, possibilitando a geração de indicadores a serem empregados na etapa de caracterização da problemática. Todavia, buscou-se avaliar neste trabalho os principais indicadores, maior parte relacionada a elementos que caracterizam a demanda.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta as principais conclusões sobre as ideias apresentadas ao longo deste trabalho, destacando a importância da metodologia desenvolvida e dos resultados encontrados após sua aplicação, bem como as sugestões para trabalhos futuros nesta área de pesquisa.

6.1 CONCLUSÕES

O desenvolvimento desse trabalho teve como motivação a dificuldade de caracterização do STPP decorrente da coleta de dados, portanto dado o potencial disponível para a utilização das informações do SBE, este trabalho averiguou a capacidade desse sistema em fornecer informações relevantes na etapa de caracterização, dentro do processo de planejamento de transportes. Em face disso, o objetivo principal dessa pesquisa constitui-se em propor uma metodologia de caracterização da problemática do Sistema de Transporte Público de Passageiros a partir dos dados da bilhetagem eletrônica.

De modo a alcançar o objetivo principal estabelecido, os seguintes objetivos específicos foram considerados: i) Analisar o papel do SBE para o planejamento do sistema de transporte, destacando suas principais aplicações nos níveis estratégico, tático e operacional; ii) Analisar quais variáveis e indicadores podem ser coletadas a partir de um SBE; iii) Propor e validar procedimento para obtenção dos valores das variáveis e indicadores para caracterização do STPP; iv) Propor e validar procedimento para reconstituição dos fluxos OD a partir dos dados do SBE; v) Demonstrar que os dados do SBE podem ser usados para caracterização do STPP, através da aplicação da metodologia desenvolvida.

Ao analisar o papel do SBE no planejamento do sistema de transporte, investigou-se o estado da arte do uso dos dados da bilhetagem eletrônica em nível nacional e internacional, sendo constatada a relevância desses dados para o planejamento operacional, tático e estratégico. Sendo suas principais aplicações destacadas a seguir: (i) análises voltadas para a programação operacional do sistema de transporte, onde a detecção de ajustes é facilmente reconhecida; (ii) análises voltadas para área comercial, onde estratégias de marketing são formuladas com base no perfil do usuário; e (iii) recuperação dos fluxos de viagens dos usuários do transporte público.

Dentre outras aplicações pode-se destacar a análise da evolução das ações voltadas ao transporte público, como a implementação da integração temporal ou priorização do transporte público no sistema viário, analisando como essas políticas incentivam o uso do transporte público. Além disso, esses dados podem ser utilizados como *input* no desenvolvimento de modelos explicativos da demanda.

Ao utilizar a metodologia proposta nesse trabalho para a caracterização do STPP a partir dos dados de validações das viagens realizadas no transporte público na cidade de Fortaleza, foi possível obter resultados específicos, através de indicadores, do transporte público da cidade de Fortaleza, além de comprovar a efetividade dessa metodologia em levantar tais dados. Permitindo assim a obtenção do comportamento da demanda ao longo do tempo e do espaço, número de viagens realizadas por linha e por tipo usuário, comparativo da origem da viagem com domicílio do usuário e, por último, recuperação da matriz origem destino do transporte público.

Reforça-se que esse trabalho foi desenvolvido com base na hipótese que as validações podem ser definidas como viagens e as viagens realizadas no horário de pico são puramente pendulares. Essas hipóteses são essências para formulação dos indicadores e principalmente para reconstrução da matriz.

Na subseção 5.2 – “Distribuição temporal das validações” pôde-se obter facilmente, através do SBE, as estatísticas básicas de um sistema de transporte, tais como o total de utilização ao longo do ano, do mês, do dia, e das horas. Essas informações são essências para qualquer planejamento do sistema de transporte. Graças aos campos registrados pelo SBE foi possível analisar a distribuição do carregamento ao longo do tempo diferenciando os usuários por tipo de tarifa, tipo de cartão, modo de pagamento e uso da integração temporal.

A análise desses fatores é importante para compreender o comportamento mais detalhado sobre os deslocamentos dos usuários. Ao analisar o uso do cartão e o da integração temporal pode-se perceber a influencia desses nos deslocamentos diários, permitindo identificar potencialidades e debilidades no sistema.

Ao analisar a variabilidade da demanda ao longo do tempo, pôde-se identificar os períodos de maior e de menor carregamento, tal informação é utilizada para o adequado planejamento operacional do sistema, em especial para o planejamento da oferta, além de fornecer mais informações para identificar as causas dessa variação.

A análise da distribuição espacial das validações apresentada na subseção 5.3 permite ao analista de transportes a visualização de como ocorrem as validações no território da cidade. Assim é possível identificar as zonas que possuem maior solicitação de oferta, permitindo avaliar, por exemplo, se a infraestrutura de transporte de cada zona é suficiente para atender a demanda. Ao se considerar a variável temporal, pode-se investigar o carregamento das zonas de acordo com as faixas horárias, permitindo verificar o carregamento das zonas, ou em qualquer outra unidade de agregação, de acordo com o período desejado. Além disso, pode-se investigar a relação do total de validações realizado por zonas com a quantidade de emprego, renda, densidade populacional e outros fatores que possam estar relacionados à produção de viagens, permitindo compreender melhor esse processo.

Na subseção 5.4 – “Quantidade de Validações”, pôde-se agregar as validações por linha da rede do transporte público, o quê permitiu identificar o perfil de usuários para cada linha, as linhas mais demandadas, bem como as linhas que são mais utilizadas para realização da integração temporal. Além disso, pôde-se investigar a frequência de utilização da rede pelo usuário, obtendo assim o total de validações por usuário e o total de integrações por usuário.

Tais análises permitem obter maior compreensão das linhas do sistema, possibilitando ao analista de transporte realizar ajuste com maior informação. Ao obter o total de validações por usuários, pode-se identificar os cartões utilizados por cambistas, permitindo realizar o bloqueio desses cartões. Além de permitir melhor compreensão da frequência de uso do sistema levando em consideração a integração temporal e o tipo de cartão.

Na subseção 5.5 – “Recuperação da Matriz Origem Destino” é apresentada a principal análise dessa metodologia, a qual consiste em analisar as origens e destinos das viagens. Utilizando das hipóteses de Barry et al. (2002) e a da realização de viagens puramente pendulares foi possível recuperar, a partir dos dados do SBE, a Matriz OD do horário de pico. Além de analisar o local de residência com o local de embarque das viagens, tornando possível a investigação da realização de viagens com base domiciliar e avaliação das distâncias de caminhada dos usuários do STPP.

A recuperação da Matriz OD utilizando os dados da Cidade de Fortaleza referentes ao dia 15/09/2014 determinou a origem e destino para 40,26% de todas as viagens ocorridas no horário de pico. A matriz gerada a partir dos dados do SBE possui

as seguintes vantagens: (i) Facilidade de coleta de dados e, por consequente, fácil reprodução; (ii) Grande quantidade de observações; (iii) Menor nível de agregação espacial e temporal, podendo ser agregada para qualquer zoneamento ou horário; e (iv) Classificação das viagens por tipo de usuário, linha utilizada, ou por qualquer outro campo presente nas validações (veículo, tarifa, integração, etc).

No entanto, vale destacar que essa matriz não é fruto de um modelo explicativo das viagens do transporte público. No caso da matriz obtida, a mesma reflete a observação de um único dia, para fins de planejamento estratégico seria importante a obtenção de outros resultados, de forma a assegurar a definição de um padrão.

O método de validação do processo de recuperação da matriz OD apresentado nessa metodologia foi baseado em pesquisa de campo, a qual resultou em uma matriz observada e graças as vantagens da matriz recuperado do SBE, em especial em relação a possibilidade de ajuste espaço-temporal, foi possível recuperar uma matriz específica para as linhas pesquisadas a fim de realizar análise. Os resultados da matriz recuperada mostraram-se muito próxima a matriz observada, indicando que o método é capaz de recuperar os fluxos OD, sendo obtido um coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,753. No entanto é importante continuar com as análises e obter uma matriz OD observada que reflita o sistema como um todo.

Por fim, conclui-se que a proposta de utilizar o SBE como ferramenta no processo de caracterização da problemática do sistema de transporte público mostrou-se viável, inclusive foi possível recuperar uma matriz OD para o sistema. Assim, o SBE tem papel de destaque no processo e planejamento operacional e estratégico dos sistemas de transportes, devendo ser incorporado nos métodos de planejamento como uma fonte de dados importante.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Diante das restrições encontradas durante a elaboração deste trabalho, apresentam-se aqui os seguintes tópicos como sugestões para trabalhos futuros:

- Recomenda-se investigar a utilização de zonas de tráfegos que não sejam delimitadas pela rede viária, considerando os polos geradores de tráfegos, de tal forma que os mesmos fiquem dentro da zona delimitada. As zonas de tráfegos são, normalmente, delimitadas pela rede viária e as validações dos embarques ocorrem

dentro dos ônibus, que estão inseridos na própria rede viária, logo as validações ocorrem entre os limites de uma zona e outra.

- Dado a constatação de possíveis erros ocasionados pelos seguintes fatos: (i) O usuário do transporte público não ser limitado a realizar todos os seus deslocamentos exclusivamente por esse modal, perdendo, assim, o rastreamento completo da viagem; e (ii) Alguns usuários não realizarem a validação do cartão logo ao embarcar no veículo, ocasionado o registro temporal e espacial do embarque não seja a origem da viagem. Recomenda-se utilizar como a mostra vários dias para recuperação da matriz OD a fim de analisar esse comportamento e reduzir possíveis erros através da determinação de padrões de viagens para os usuários.

Diante das oportunidades de análise que podem ser realizadas, apresentam-se aqui os seguintes tópicos como sugestões para trabalhos futuros:

- Utilizar de dados socioeconômicos das zonas de tráfego para se analisar a correlação com o total de viagens geradas encontrada a partir dos dados do SBE;
- Encontrar o padrão do local de embarque dos usuários, bem como recuperar uma matriz OD padrão para o sistema de transporte público, a partir da utilização dos dados de um mês inteiro do SBE.

7 REFERÊNCIAS

Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP (2012) **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana - Relatório Final 2012**, São Paulo.

Bagchi M. ; White P.R. (2005) **The potential of public transport smart card data. Transport Policy**, volume 12, 464–474.

Barry J.; Newhouser R.; Rahbee A.; Sayeda S. (2002) **Origin and Destination Estimation in New York City with Automated Fare System Data**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Volume 1817, 183-187

Bertoncini, B. V. (2007) **Uma proposta de carregamento incremental de fluxos veiculares para estimação de matriz OD sintética**. Dissertação, São Carlos, USP.

IBGE, 2010. **Censo Demográfico de 2010**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dados referentes ao município de Fortaleza, Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=2304400>>. Acessado em: junho. 2015.

Farzin M. F. (2008); **Constructing an Automated Bus Origin–Destination Matrix Using Farecard and Global Positioning System Data in São Paulo, Brazil**. Transportation Research Record. volume 2072. Page 30 - 37

Ferraz, A. P.; Torres, I. G. E. (2004); **Transporte público urbano**. 2 edição. RiMa, São Carlos.

Guerra A. L.; Barbosa H. M.; Oliveira, L. K. (2013). **Metodologia para determinação de matriz origem/destino utilizando dados do sistema de bilhetagem eletrônica**. In: XXVII Congresso da ANPET, 2013, Belém. Anais do XXVII ANPET, 2013. P. 1-12.

Guerra A.(2011). **Determinação de Matriz Origem/Destino utilizando dados do sistema de bilhetagem eletrônica**. Dissertação. Belo Horizonte. Escola de Engenharia. UFMG

Hellinga, B. R. (1994) **Estimating Dynamic Origin – Destination Demands from Link and Probe Counts**. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

Kanafani A. (1983) **Transportation Demand Analysis**. McGraw-Hill, New York

Kawamoto E. (1994) **Análise de Sistemas de Transporte**. 2 edição. EESC-USP, São Carlos – SP

Ma X.; Wu Y.; Wang Y.; Chen F.; Liu J. (2013) **Mining smartcard data for transit riders' travel patterns**. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 36,1-12

Magalhães, M. T. Q.(2004). **Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas de Indicadores: Uma Aplicação no Planejamento e Gestão da Política Nacional de Transportes**. Dissertação. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 135p.

Martinelli J.;Aroucha, M. (2012) **Fase atual da bilhetagem eletrônica**. Série Cadernos Técnicos ANTP, vol8, p.76-99.

Munizaga M.; Palma C. (2012). **Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile**. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 24, 9-18.

Ortúzar, J. D. & Willumsen, L. G. (2011) **Modelling Transport**. 4th Edition, John Wiley& Sons Ltd. West Sussex, UK.

Pelletier M.; Trépanier M.; Morency C. (2011) **Smart card data use in public transit: A literature review**. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 19, 557-568.

Rakha, H.; Van Aerde, M.; Bloomberg, L.; Huang, X. (1998) **Construction and Calibration of a Large-Scale Microsimulation Model of the Salt Lake Area**. Transportation Research Record 1644, p3 93-102.

Soares, F. D. P. (2014). **Metodologia de diagnóstico das relações entre uso do solo e transportes na problemática do planejamento urbano integrado**. Dissertação. Fortaleza. UFC.

Vasconcellos, E. A. (2013) **Políticas de Transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente**. Barueri, SP, Manole.

Zhao, J., Rahbee, A., Wilson, N., 2007. **Estimating a rail passenger trip origin-destination matrix using automatic data collection systems**. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 22, 376–387.

8 APÊNDICE

8.1 APÊNDICE – A: TOTAL DE VALIDAÇÕES POR DO DIA 15/09/2014

9 ANEXO

9.1 ANEXO A - Formulário de Pesquisa Origem e Destino por trecho (página 1)

PESQUISA ORIGEM DESTINO POR TRECHO - EMBARQUE/ORIGEM

Veículo:

Data:

Pesquisador:

IDA / SOBE

Nª da Viagem	HORA SAÍDA	trecho 1	trecho 2	trecho 3	trecho 4	trecho 5	HORA CHEGADA
1ª VIAGEM	06:09						
2ª VIAGEM	08:08						
3ª VIAGEM	11:20						
4ª VIAGEM							
5ª VIAGEM							

Veículo:

Data:

Pesquisador:

VOLTA / SOBE

	HORA SAÍDA	trecho 5	trecho 4	trecho 3	trecho 2	trecho 1	HORA CHEGADA
1ª VIAGEM							
2ª VIAGEM							
3ª VIAGEM							
4ª VIAGEM							
5ª VIAGEM							

ANEXO-A – Formulário de Pesquisa Origem e Destino por trecho (página 2)

PESQUISA ORIGEM DESTINO POR TRECHOhora saída:
hora chegada:Data:
Pesquisador:IDA / DESCE
VIAGEM Nº ____

Tabela	trecho 1	trecho 2	trecho 3	trecho 4	trecho 5
trecho 1					
trecho 2					
trecho 3					
trecho 4					
trecho 5					

hora saída:
hora chegada:Data:
Pesquisador:VOLTA / DESCE
VIAGEM Nº ____

Tabela	trecho 5	trecho 4	trecho 3	trecho 2	trecho 1
trecho 5					
trecho 4					
trecho 3					
trecho 2					
trecho 1					