

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA

ANA PAULA NUNES DUARTE

**MODELAGEM PARA O CÁLCULO DA CONFIABILIDADE DO TEMPO DE
VIAGEM DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS**

Joinville
2016

ANA PAULA NUNES DUARTE

**MODELAGEM PARA O CÁLCULO DA CONFIABILIDADE DO TEMPO DE
VIAGEM DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Curso de Engenharia de Transportes e Logística do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Gian Ricardo Berkenbrock

ANA PAULA NUNES DUARTE

MODELAGEM PARA O CÁLCULO DA CONFIABILIDADE DO TEMPO DE VIAGEM
DO TRANSPORTE COLETIVO POR ÔNIBUS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Centro de Engenharia Transportes e Logística no Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Trabalho aprovado. Joinville - Brasil, 02 de dezembro de 2016

Prof. Dr. Gian Ricardo Berkenbrock
Orientador

Prof. Dr. Cassiano Augusto Isler
Membro 1

Prof. Dr. Rodrigo Castelan Carlson
Membro 2

Prof. Dr. Pablo Andretta Jaskowiak
Membro 3

Joinville
2016

AGRADECIMENTOS

Meu Deus, eu terminei! Muito obrigada!

Aos meus pais, pelo amor incondicional e por sempre apoiarem todas as minhas decisões. Amo vocês!

Aos meus irmãos, por todo carinho. Principalmente ao meu irmão Alvim, que sempre cedeu todos os livros que precisei durante a faculdade.

Às minhas primeiras amigas da faculdade: Mônica, Thuany, Shirlei, Jaque e Bruna. Obrigada por tudo, meninas!

A todos os professores que tive até aqui.

Aos amigos, Davi, Renan, Michel, Jorge, Mari, Júlia e Ana Paula, que se dispuseram a me ajudar no desenvolvimento deste trabalho quando precisei. Muito obrigada!

Ao Kaique, que colaborou com a coleta de dados referentes aos tempos de viagens dos ônibus da cidade.

Ao professor Diogo Nardelli Siebert, por permitir o acesso ao Laboratório de Computação Científica.

À Senozon AG, empresa Suíça que forneceu uma licença do *software* Via, o que permitiu a análise dos resultados de forma muito melhor e mais fácil.

Aos amigos que fiz no IPPUJ. Principalmente aos meus coordenadores Amanda, Carol e Luiz. Aprendi muito com vocês, obrigada!

Ao meu orientador, Prof. Gian Ricardo Berkenbrock, que teve toda a paciência do mundo e me ajudou muito em todas as dificuldades que tive. Muito obrigada por tudo!

E não podia faltar um agradecimento especial à minha grande amiga, Camila. Que essa amizade, que começou no estágio, se prolongou na faculdade e foi firme até o TCC, continue. Obrigada por sempre estar disposta a me ajudar, amiga! Finalmente conseguimos!

*“Cada ser humano, seja ele um intelectual
ou iletrado, é uma grande pergunta em busca
de uma grande resposta.”*

(Augusto Jorge Cury)

RESUMO

Em um cenário onde o número de congestionamentos é cada vez maior, destaca-se a busca por alternativas que levem à redução de veículos na rede viária. Para isso, o planejamento de transportes é essencial em cidades que sofrem com o congestionamento, tendo como foco o sistema de transporte coletivo. Com planos eficazes, pode-se tornar esse meio de transporte mais eficiente e atrativo. Deste modo, este trabalho tem como objetivo mensurar a confiabilidade do sistema de transporte coletivo por ônibus para a cidade de Joinville - SC. O estudo foi conduzido por meio de microssimulação de tráfego com o *software* MATSim e utilizou-se indicadores de desempenho, obtendo a confiabilidade do tempo de viagem das linhas, sendo que, quanto maior seu índice, melhor seu desempenho. Os resultados obtidos mostram que as estações Guanabara e Itaum possuem as maiores porcentagens de linhas com índice classificado como *ruim*. Já a estação Pirabeiraba apresentou a grande parte de suas linhas com índice classificado como *bom*.

Palavras-chave: MATSim. Transporte coletivo. Simulação de tráfego. Planejamento de transporte. Confiabilidade.

ABSTRACT

In a scenario where the number of congestion is increasing, the search for alternatives that lead to the reduction of vehicles in the road network stands out. For this, transport planning is essential in cities that suffer from this problem, focusing on the public transport system. With effective plans, this means of transport can be made more efficient and attractive. Thus, this work aims to measure the reliability of the public transport system by bus to the Joinville's city. The study was conducted by means of traffic micro-simulation with the MATSim *software*, and performance indicators were used, obtaining the reliability of the travel time of the buses lines, and the higher its index, the better its performance. The results show that the Guanabara and Itaum stations have the highest percentages of lines with index classified as *bad*. The Pirabeiraba station presented the great part of its lines with index classified as *good*.

Keywords: MATSim. Public transport. Traffic simulation. Transport planning. Reliability

Lista de Figuras

Figura 1	Simulação dos automóveis individuais no MATSim.	23
Figura 2	Exemplo da etapa de caracterização dos veículos.	24
Figura 3	Exemplo da etapa de caracterização das paradas e linhas.	25
Figura 4	Etapas realizadas.	30
Figura 5	Linhas do transporte coletivo em Joinville.	33
Figura 6	Exemplo de arquivo de rede.	35
Figura 7	Localização dos pontos de contagem de tráfego em Joinville.	37
Figura 8	Síntese do arquivo de caracterização do veículo para a simulação de Joinville.	39
Figura 9	Percurso realizado pela linha Vila Nova/Centro - Semidireta.	40
Figura 10	Rede viária com inserção das paradas de ônibus.	42
Figura 11	Interpolação linear do nível de qualidade versus índice de confiabilidade. .	44
Figura 12	Evolução das notas avaliadas pelo MATSim ao longo das iterações.	46
Figura 13	Visualização do resultado final da simulação do modelo de Joinville com transporte coletivo.	47
Figura 14	Resultado comparativo no arco A3, gerado pelo modelo anterior, localizado na Avenida Hermann August Lepper.	48
Figura 15	Resultado comparativo no arco A3, gerado pelo modelo atual, localizado na Avenida Hermann August Lepper.	48
Figura 16	Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo anterior, localizado na Avenida Coronel Procópio Gomes de Oliveira.	49

Figura 17 Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo atual, localizado na Avenida Coronel Procópio Gomes de Oliveira.	49
Figura 18 Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo atual, localizado na Rua Dr. João Colin.....	50
Figura 19 Percurso realizado pela linha Norte/Aeroporto.	51
Figura 20 Divisão das linhas de ônibus totais, em relação aos níveis de qualidade....	53
Figura 21 Divisão das linhas de ônibus na estação Centro, em relação aos níveis de qualidade.....	54
Figura 22 Divisão das linhas de ônibus na estação Guanabara, em relação aos níveis de qualidade.....	54
Figura 23 Divisão das linhas de ônibus na estação Iririú, em relação aos níveis de qualidade.....	55
Figura 24 Divisão das linhas de ônibus na estação Itaum, em relação aos níveis de qualidade.....	55
Figura 25 Divisão das linhas de ônibus na estação Norte, em relação aos níveis de qualidade.....	56
Figura 26 Divisão das linhas de ônibus na estação Nova Brasília, em relação aos níveis de qualidade.....	56
Figura 27 Divisão das linhas de ônibus na estação Pirabeiraba, em relação aos níveis de qualidade.....	57
Figura 28 Divisão das linhas de ônibus na estação Guanabara, em relação aos níveis de qualidade.....	58
Figura 29 Divisão das linhas de ônibus na estação Tupy, em relação aos níveis de qualidade.....	58
Figura 30 Divisão das linhas de ônibus na estação Vila Nova, em relação aos níveis	

de qualidade.....	59
Figura 31 Resultado comparativo entre os níveis de qualidade das estações.....	59
Figura 32 Síntese do algoritmo de programação para selecionar a população desejada.	70
Figura 33 Síntese do algoritmo de programação para converter sistemas de coordenadas.....	72
Figura 34 Exemplo de caracterização de rotas e linhas.....	74

Lista de Tabelas

Tabela 1	Definições dos identificadores da Figura 2.	24
Tabela 2	Definições dos identificadores da Figura 3.	26
Tabela 3	Padrões de qualidade para o transporte coletivo por ônibus.....	27
Tabela 4	Tipos de linhas de ônibus.	31
Tabela 5	Significados dos identificadores de caracterização da rede viária.....	35
Tabela 6	Exemplo de arquivo após o agrupamento dos dados, da linha Vila Nova/ Centro - Semidireta	40
Tabela 7	Exemplo do arquivo de atributos dos paradas de ônibus.....	41
Tabela 8	Índices de confiabilidade de acordo com o nível de qualidade.....	51
Tabela 9	Tempo de viagem em cada horário de saída da linha Norte/Aeroporto.	52
Tabela 10	Índice da confiabilidade do tempo de viagem de algumas linhas de ônibus de Joinville.	53
Tabela 11	Índice da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus de Join- ville.	76

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 METODOLOGIA	16
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Transporte coletivo urbano	17
2.2 Simuladores de Tráfego	19
2.2.1 Simulador de Tráfego MATSim	21
2.2.1.1 Modelo MATSim de Joinville	22
2.2.1.2 Simulação de transporte coletivo no MATSim	23
2.3 CONFIABILIDADE DO TEMPO DE VIAGEM COMO MEDIDA DE DE- SEMPENHO NO TRANSPORTE COLETIVO	26
3 EXTENSÃO DO MODELO MATSIM PARA A CIDADE DE JOIN- VILLE/SC	30
3.1 Transporte coletivo de Joinville	31
3.2 Coleta dos dados de entrada	34
3.3 Tratamento dos dados de entrada	34
3.3.1 Rede viária	35
3.3.2 Contagem de tráfego	35
3.3.3 População	38
3.3.4 Características do veículo	38
3.4 Caracterização das rotas e linhas de ônibus	39
3.5 Visualização da rede viária e dos pontos de paradas	42
3.6 Cálculo da confiabilidade do transporte coletivo por ônibus de Joinville/SC ...	43
3.6.1 Nível de qualidade	43
3.7 Limitações do modelo	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46

4.1	Configuração da simulação	46
4.2	Visualização da simulação	47
4.3	Análise dos resultados de contagens de tráfego	47
4.4	Resultado da confiabilidade do tempo de viagem	50
4.4.1	Discussão	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
5.1	Recomendações a estudos futuros.....	62
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A – Síntese do algoritmo de programação para selecionar a população desejada.	70
	APÊNDICE B – Síntese do algoritmo de programação para converter sistemas de coordenadas.	72
	APÊNDICE C – Exemplo de caracterização de rotas e linhas	74
	APÊNDICE D – Índice da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus de Joinville.	76

1 INTRODUÇÃO

A vida nas cidades requer a circulação de pessoas constantemente (LOPENSINO, 2002), tanto para o trabalho e estudo, como para as atividades diversas. O deslocamento das pessoas é algo importante para ser levado em consideração no desenvolvimento urbano. Proporcionar mobilidade adequada para todos constitui ação essencial no processo de desenvolvimento econômico e social das cidades (FERRAZ; TORRES, 2004).

A necessidade de mobilidade das pessoas faz com que elas optem por transportes individuais, sem qualquer planejamento de uso (KOEHLER, 2012; SILVA, 2011). Ainda de acordo com Koehler (2012), devido a esse fator, há aumento da frota de veículos que, combinado com áreas urbanas adensadas e limitações na expansão das vias públicas, ocasiona a saturação no fluxo de veículos nas malhas viárias. Esse fato influencia na velocidade média dos veículos, ficando abaixo da prevista para a qual a via foi projetada (BERTINI, 2006).

Assim, forma-se o congestionamento das vias urbanas, sendo que sua formação é um dos grandes problemas enfrentados pela população e administração de centros urbanos de médio e grande porte (ECCEL, 2015). Com sua ocorrência tem-se desperdício de tempo e de dinheiro, geração de estresse e aumento da poluição no meio ambiente (RESENDE; SOUSA, 2009).

O motivo para isso está na preferência de muitas pessoas em utilizar o transporte individual ao transporte coletivo (DOWNS, 2004). Essa decisão ocorre por acreditarem que os benefícios oferecidos pelo individual superam os do coletivo.

De acordo com Vasconcellos (2006, p. 11):

O transporte é uma atividade necessária à sociedade e produz uma grande variedade de benefícios, possibilitando a circulação das pessoas e das mercadorias utilizadas por elas e, por consequência, a realização das atividades sociais e econômicas desejadas. No entanto, este transporte implica em alguns efeitos, aos quais chamamos de “impactos”.

Deste modo, um modelo adequado de transporte coletivo, com potencial de atrair mais usuários, faz com que o número de veículos dentro da malha viária diminua, e que seja um dos meios mais eficientes para reduzir os congestionamentos e suas consequências (AFTABUZZAMAN et al., 2010), além de minimizar a necessidade de construção de vias e estacionamentos (ARAÚJO et al., 2011).

Em Joinville, Santa Catarina, por exemplo, o número de passageiros do transporte coletivo, desde 2011, vem caindo (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE – IPPUJ, 2016). Naquele ano, foi registrado uma média de 47 milhões de usuários, número reduzido para 42 milhões em 2015 (IPPUJ, 2016). No mesmo período de tempo, a cidade contou com um aumento da população estimado em, aproximadamente, 8% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA– IBGE, 2010; IPPUJ, 2016) e também com um acréscimo na oferta de linhas e números de ônibus (IPPUJ, 2016). Uma alternativa para reverter essa situação e criar estratégias para aumentar a atratividade dos cidadãos em relação ao transporte coletivo é fazer um adequado planejamento de transportes.

Conforme Black (1981) apud Shiran (2014) e Slack (2014), o planejamento urbano e planejamento de transportes é um processo dinâmico, que é essencial para o desenvolvimento de novas estruturas, tais como cidades e áreas suburbanas. Para tanto, costuma-se usar modelos lógicos ou simuladores como ferramentas para auxiliar no processo de tomada de decisão (SHIRAN, 2014).

Para Nazareth, Souza e Ribeiro (2015), os simuladores são úteis para prever o resultado de um sistema real, submetido a diversas situações, sem necessitar que o evento ocorra para saber como o trânsito irá se comportar. Atrelado a isso, encontram-se os indicadores de desempenho, que quando utilizados em algum método de avaliação, geram índices cujos valores servem como ferramentas de auxílio a tomadas de decisão e de análise de situações atuais e futuras (CAMPOS; RAMOS, 2005).

Deste modo, o presente trabalho apoiou-se na motivação de propiciar o cálculo de um indicador de desempenho, a fim de mensurar as linhas de transporte coletivo da cidade, através de microssimulação de tráfego, utilizando a ferramenta MATSim (MATSim, 2016), a qual é um sistema baseado em agentes (MACIEJEVSKI; NAGEL, 2013), e permite avaliar o cenário desejado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Calcular a confiabilidade do tempo de viagem do transporte coletivo, com o intuito de verificar uma das medidas de nível de serviço dos ônibus na cidade de Joinville.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, são estabelecidos os objetivos específicos:

- a) a modelagem dos dados de entrada de acordo com o *software* MATSim;
- b) extensão de um modelo existente para Joinville/SC;
- c) simulação do modelo; e
- d) cálculo da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus.

1.2 METODOLOGIA

Afim de alcançar os objetivos propostos, a metodologia adotada foi composta pelas etapas:

- a) estudo da ferramenta MATSim;
- b) avaliação, tratamento e adaptação dos dados de entrada;
- c) extensão de um modelo de tráfego da cidade de Joinville, com a inclusão do transporte coletivo e utilizando os padrões do MATSim; e
- d) simulação e avaliação do modelo.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado de maneira que o segundo capítulo possui uma revisão bibliográfica relacionada ao transporte coletivo urbano, planejamento de transportes, simuladores de tráfego e indicadores como medida de desempenho. O Capítulo 3 descreve os métodos utilizados para execução da simulação, como a rede viária estudada, caracterização das linhas de transporte coletivo que operam na cidade, assim como os relatórios dos dados usados para sua elaboração. No quarto capítulo são apresentados os resultados de simulação, assim como uma discussão sobre eles. Por fim, no Capítulo 5 estão as conclusões e as perspectivas de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo inicia-se pela descrição do transporte coletivo urbano e planejamento de transportes, seguido do uso de simuladores de tráfego e como este instrumento pode ajudar no planejamento urbano. Por fim, são apresentados os indicadores de desempenho.

2.1 Transporte coletivo urbano

O aumento contínuo da demanda por mobilidade e o desenvolvimento socioeconômico aliado ao crescimento desorganizado das cidades causou impactos preocupantes no trânsito, como a saturação da malha viária (HALLMANN, 2011). Em consequência disso, surgem longos congestionamentos nas cidades, acarretando em custos crescentes em termos de atrasos de viagens, poluição ambiental, gasto de combustível e níveis de stress.

Dessa forma, um sistema de transporte coletivo urbano, com um grande número de usuários é uma alternativa a ser utilizada como plano para reduzir as viagens por automóveis, o que permite diminuir, de forma significativa, o congestionamento de veículos nas vias urbanas (FERRAZ; TORRES, 2004; KOEHLER, 2012), contribuindo para a melhora dos problemas citados acima.

O transporte coletivo é um importante meio de integração entre as diversas áreas econômicas e sociais dos centros urbanos, e tem como objetivo fazer a ligação entre as regiões de uma cidade (RODRIGUES, 2006), tornando-se um meio que proporciona mobilidade motorizada às pessoas.

De acordo com Koehler (2012), dentre os modos de transporte coletivo (metrô, ônibus, trem, VLT), o ônibus se destaca pela grande flexibilidade e baixo custo de implantação e manutenção quando comparado com os demais. Por essa razão, o uso desse continua sendo empregado em várias cidades. Porém, muitos ainda preferem utilizar o transporte individual ao invés do coletivo (DOWNS, 2004), devido aos benefícios oferecidos pelo primeiro, como, por exemplo, conforto, flexibilidade, rapidez e comodidade.

Para tentar reverter esse quadro, a elaboração de estratégias para melhorar a qualidade, acessibilidade e confiabilidade de operação do transporte coletivo deve ser colocada em prática através de um planejamento de transportes (DIAKAKI et al, 2015).

O planejamento de transporte consiste na atividade que define a infraestrutura necessária para assegurar a circulação de pessoas e mercadorias, e ainda, a tecnologia utilizada e o nível de serviço a ser ofertado (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP, 2004). Segundo a ANTP (2004), utiliza-se o planejamento para aumentar as chances de alcançar os objetivos determinados, com a qualidade, o custo e o prazo definidos previamente como adequados.

Para Vasconcellos (2000), planejamento de transporte é a técnica de intervenção sobre o desenvolvimento urbano que irá possibilitar os deslocamentos de pessoas e bens. Além disso, para Ferraz e Torres (2004, p. 98):

O planejamento do sistema de transporte coletivo deve ser feito em conjunto com o planejamento do transporte em geral, incluindo sistema viário e trânsito. Nessa tarefa é importante ter claro que o transporte coletivo é o modo mais indicado para as cidades, devendo, portanto, ter preferência em relação aos modos individuais e semipúblicos.

O processo mais tradicional de planejamento de transportes baseia-se na utilização do modelo de quatro etapas (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2001). O modelo utiliza técnicas em quatro etapas para prever a demanda futura de transportes e definir as melhores alternativas de oferta, utilizando princípios técnicos e econômicos (KNEIB, 2008). Esse processo é dividido da seguinte forma (HALLMANN, 2011, p. 17):

- a) Geração de viagens: para cada origem, o número de viagens de saída é determinado. Da mesma forma que, para cada destino, o número de viagens de entrada é determinado;
- b) Distribuição de viagens: esta etapa relaciona o número entre origens e destinos. O resultado da distribuição de viagem é chamado de matriz origem-destino (OD), que especifica o número de viagens que vão de cada origem para cada destino;
- c) Divisão modal: determinação das viagens realizadas por diferentes modos de transportes (a pé, bicicleta, motos, automóveis, ônibus, etc);
- d) Alocação de tráfego: para cada viagem é atribuído um caminho que o veículo pode percorrer na via de trânsito. Esses caminhos são sensíveis a congestionamentos. Deve ser atribuído também um tempo de viagem para o percurso OD.

Entretanto, esse modelo utiliza apenas fluxos de tráfego sem diferenciar os usuários individualmente (BALMER, 2007), e como são escolhas feitas por pessoas, pode-se ter comportamentos diferentes umas das outras. Para reproduzir melhor esse *comportamento individual*, alguns autores vêm buscando alternativas ao modelo clássico, como a simulação de transportes baseada em agentes (BICUDO, 2015).

Por esse motivo, este trabalho utilizará um simulador para a análise do tráfego de transporte coletivo. A seguir, são apresentados brevemente alguns simuladores de tráfego e suas características.

2.2 Simuladores de Tráfego

A utilização de simuladores para observar o comportamento do trânsito é uma opção para lidar com a complexidade dos sistemas de transporte (HALLMANN, 2011), permitindo a avaliação de diferentes políticas para controle e gerenciamento do tráfego (LIMA, 2007). Eles são úteis para prever o resultado de um sistema real, submetido a diversas situações, sem necessitar que o evento ocorra para saber como o tráfego irá se comportar (NAZARETH; SOUZA; RIBEIRO, 2015). Para Portugal (2005, p. 25):

O propósito principal da simulação é representar ou modelar o comportamento próprio e as interações dos elementos de um sistema para permitir uma avaliação prévia do seu desempenho. A simulação é mais um instrumento (por sinal, dos mais poderosos) do analista que pretende determinar o melhor sistema a ser implementado ou melhorado.

O Federal Highway Administration (2004a) considera que os principais papéis de ferramentas de análise de tráfego são: melhorar o processo de tomada de decisão; avaliar e priorizar alternativas de melhorias e intervenções; melhorar projetos, reduzir tempo de análise e custos; reduzir perturbações no tráfego; operar e gerenciar a capacidade de vias existentes; monitorar o desempenho de instalações de transporte.

Portanto, fazer o uso dessa ferramenta antes de realizar qualquer implantação é de grande valia, uma vez que ela realiza testes de diversos cenários e permite avaliar a resposta do modelo alterando as condições de operação. Segundo Ratrouf e Rahman (2009), os modelos de simulação de tráfego são divididos em três categorias: microscópico, macroscópico e mesoscópico. De acordo com Hallmann (2011) e Federal Highway Administration (2004b):

1. Modelo microscópico: é apropriado para estudos que exigem um alto nível de de-

talhamento, pois é baseado na descrição do movimento de cada veículo individualmente. Isto implica modelar ações como aceleração, desaceleração e troca de faixa de cada motorista. Devido ao seu nível de detalhamento, esse tipo de modelagem tem alto custo operacional, limitando o tamanho da rede e número de simulações que podem ser realizadas;

2. Modelo macroscópico: aborda o problema de fluxo de tráfego em um nível baixo de detalhes, sem interesse por cada veículo individual, e sim no processo como um todo, o que reduz em sua demanda computacional, sendo que, o objetivo é descrever a evolução no tempo e espaço das variáveis;
3. Modelo mesoscópico: alternativa intermediária entre as duas dinâmicas anteriores: considera os veículos individualmente, dependendo da sua classe, motorista e sua relação com a característica da via, porém, o movimento em si é analisado em grupo de veículos. Este modelo é menos detalhado que o microscópico e mais fiel que o macroscópico.

A determinação de qual modelo adotar dependerá da aplicação. Para Silva (2010), "[...] a utilização de um modelo diferente do modelo microscópico implica em negligenciar a simulação de diferentes padrões de comportamento de motoristas, um aspecto importante na análise deste tipo de sistema".

Moreira (2005) afirma que os modelos microscópicos têm se tornado cada vez mais fáceis de usar e modelam problemas complexos de tráfego em áreas urbanas, em que muitas vezes não existem soluções analíticas.

O modelo de microsimulação será o foco principal deste trabalho. A seguir serão apresentados simuladores de tráfego nessa escala e suas características:

- a) AIMSUN (AIMSUN, 2016) é um software de modelagem de tráfego que permite modelar a partir de uma única faixa exclusiva de ônibus até toda uma região. Destaca-se pela alta velocidade de suas simulações e pela fusão de modelagem da demanda de viagens, alocação de tráfego estático e dinâmico nas escalas mesoscópica e microscópica. Este simulador proporciona uma opção adicional para modelar aspectos dinâmicos de amplas redes, quando comparada com outro micro simulador;
- b) SIMTRAFFIC (Trafficware, 2016) é um simulador microscópico empregado para simular uma ampla variedade de controles de tráfego. Os modelos microscópicos

são mais realistas, mas aqui estão algumas desvantagens a avaliar: grande tempo de armazenamento; a calibração é demorada; e um único erro pode originar resultados imprecisos em todas as interseções de estudo;

c) MATSim (MATSim, 2016) é um simulador de tráfego usado para simulações de grandes cenários, recorrendo a um nível de detalhe microscópico, principalmente para avaliar os resultados prováveis de várias mudanças de infraestrutura ou da rede rodoviária. De acordo com Farinha (2013), a ferramenta oferece características como: simulação de tráfego dinâmico, possibilidade da simulação de dias inteiros em minutos, simulação de transporte individual e de transporte coletivo, resultados de simulação e de análise facilmente compreensíveis.

Dentre os simuladores apresentados, escolheu-se realizar a simulação do transporte coletivo no MATSim, pelos seguintes motivos:

- disponibilidade do software;
- disponibilidade de um modelo já existente para a cidade de Joinville, com automóveis individuais;
- modelagem baseada em agentes;
- capacidade de execução em grande escala, permitindo um grande número de agentes no modelo; e
- possibilidade de realizar a extensão para transporte coletivo.

2.2.1 Simulador de Tráfego MATSim

O simulador de tráfego MATSim é uma plataforma para simular a demanda de transportes, permitindo cenários de larga escala (RANEY; NAGEL, 2006). Nessa simulação, cada indivíduo é representado por um agente, o qual possui um plano de atividade diário, representando a sequência de atividades a ser desempenhada ao longo de um dia.

O MATSim utiliza um algoritmo evolutivo para atingir um estado estacionário, ou seja, são realizadas várias simulações no mesmo dia, e dadas pontuações a cada iteração. Desse modo, os agentes modificam os seus planos de acordo com a pontuação da iteração,

a fim de otimizá-los ao máximo, podendo mudar a hora de partida, modo de viagem ou a localização de um determinado tipo de atividade. Por fim, é atingido o equilíbrio do usuário (BALMER et al. 2009). O simulador faz as iterações até algum critério de parada ser atingido.

Rieser et. al. (2014), resume o processo em cinco etapas:

1. Demanda inicial: conjunto inicial de planos do dia para a população simulada;
2. Execução: o plano do dia é executado pelo simulador de tráfego;
3. Avaliação: o desempenho dos planos é avaliado;
4. Replanejamento: tentativa de otimização dos planos, até um critério de parada ser atingido;
5. Análise: análise dos dados relacionados ao estado de tráfego ou comportamento dos agentes.

2.2.1.1 Modelo MATSim de Joinville

Em 2015, foi criado um cenário básico no MATSim para a cidade de Joinville/SC, com a inserção de automóveis individuais (BICUDO, 2015).

Segundo Rieser et al. (2014), os dados de entrada necessários para uma simulação de transporte individual no MATSim são:

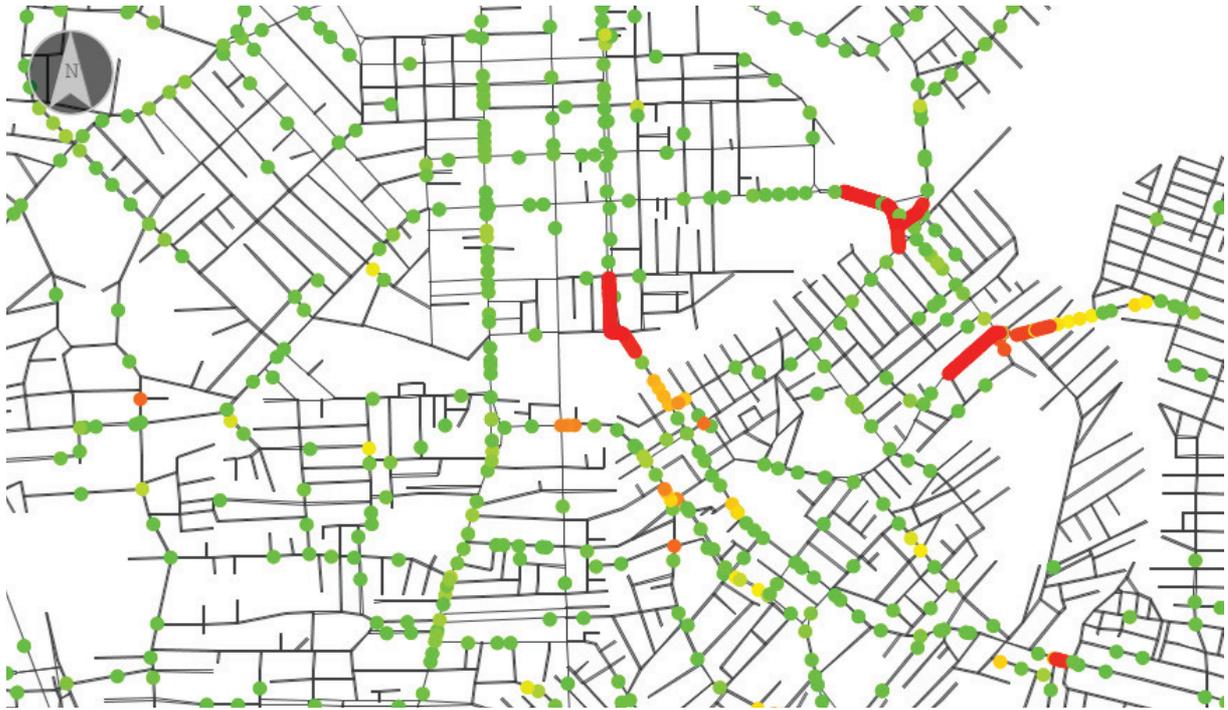
- Rede de transportes (representada por um conjunto de arcos - vias e nós - interseções);
- População de agentes, com seus respectivos planos, a qual é geradora da demanda por viagem.

Para a geração desse modelo foram coletados dados referente à rede de tráfego e à população que realiza viagens da cidade; além de dados adicionais, como as atividades realizadas pelos indivíduos ao longo do dia e a contagem de tráfego de algumas vias.

Todos os dados de entrada utilizados neste software devem estar no formato eXtensible Markup Language (XML) (W3C, 2006), para que o simulador consiga fazer a correta leitura dos arquivos.

A Figura 1 ilustra o modelo gerado. Na imagem, o cenário corresponde a uma parte da rede viária da cidade, com o fluxo de veículos próximo das 14 horas. Os veículos são representados por *pontos* e quanto mais dispersos uns dos outros, menor o congestionamento da via.

Figura 1 – Simulação dos automóveis individuais no MATSim.



Fonte: BICUDO (2015).

2.2.1.2 Simulação de transporte coletivo no MATSim

Através do MATSim também é possível simular o tráfego do transporte coletivo de uma determinada região. Para realizar esse tipo de simulação, os dados de entrada necessários são:

- Veículos;
- Itinerários, definição das linhas, horários de partida; e
- Paradas.

A partir desses dados, o processo para a construção do modelo é dividido em duas etapas: dados dos veículos e características das rotas e linhas.

A primeira etapa contém as características de cada veículo que compõe a rota,

como o modelo utilizado (ônibus, trem, VLT), a capacidade, comprimento e outros atributos, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Exemplo da etapa de caracterização dos veículos.

```
<vehicleDefinitions xmlns= " http://www.matsim.org/files/dtd "
  xmlns:xsi= " http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance "
  xsi:schemaLocation= " http://www.matsim.org/files/dtd
    http://www.matsim.org/files/dtd/
    vehicleDefinitions_v1.0.xsd ">

  <vehicleType id= "1">
    <description>Small Train </description>
    <capacity>
      <seats persons= "50"/>
      <standingRoom persons= "30"/>
    </capacity>
    <length meter= " 50.0 "/>
  </vehicleType>
  <vehicle id= " tr_1 " type= "1"/>
  <vehicle id= " tr_2 " type= "1"/>
</vehicleDefinitions>
```

Fonte: Rieser (2016).

A Tabela 1 explica os identificadores utilizados na Figura 2.

Tabela 1 – Definições dos identificadores da Figura 2.

Identificador	Definição
<i>vehicleDefinitions</i>	declara as informações sobre veículos de transporte coletivo com suas características
<i>vehicleType</i>	declara as características de um tipo de transporte coletivo. Cada <i>vehicleType</i> contém um <i>id</i> para distinguí-los
<i>description</i>	indica o tipo de transporte coletivo
<i>capacity</i>	indica a capacidade total do veículo: número de assentos (<i>seats persons</i>) e número máximo de pessoas em pé (<i>standingRoom persons</i>)
<i>length</i>	indica o comprimento dos veículos do modelo (em metros)
<i>vehicle</i>	indica a lista de todos os veículos da região estudada. Cada veículo tem uma descrição (<i>id</i>) e a qual tipo de transporte coletivo pertence (<i>type</i>)

Fonte: Autora (2016).

Já a segunda etapa consiste em descrever as informações relacionadas às paradas (ônibus, trem, VLT) e às linhas do transporte coletivo. Para o primeiro, é definido um identificador, coordenadas geográficas e, opcionalmente, um nome. Para as linhas de transporte coletivo são definidas as rotas (sequência de paradas) pelas quais ela percorre e uma lista que define o horário que uma linha começa a viagem e o horário estimado de chegada e partida em uma parada. Um exemplo dessa etapa pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Exemplo da etapa de caracterização das paradas e linhas.

```

<! DOCTYPE transitSchedule SYSTEM " http://www.matsim.org/files/dtd/transitSchedule_v1.dtd ">
<transitSchedule>
  <transitStops>
    <stopFacility id="1" x="990.0" y="0.0" name="Adorf"
      linkRefId="1" isBlocking="false" />
    <stopFacility id="2" x="1100.0" y="980.0" name="Beweiler"
      linkRefId="2" isBlocking="true" />
    <stopFacility id="3" x="0.0" y="10.0" name="Cestadt"
      linkRefId="3" isBlocking="false" />
  </transitStops>
  <transitLine id="Blue Line">
    <transitRoute id="1">
      <description>Just a comment.</description>
      <transportMode>bus</transportMode>
      <routeProfile>
        <stop refId="1" departureOffset="00:00:00" />
        <stop refId="2" arrivalOffset="00:02:30"
          departureOffset="00:03:00"
          awaitDeparture="true" />
        <stop refId="3" arrivalOffset="00:05:00"
          awaitDeparture="true" />
      </routeProfile>
      <route>
        <link refId="1" />
        <link refId="2" />
        <link refId="3" />
      </route>
      <departures>
        <departure id="1" departureTime="07:00:00"
          vehicleRefId="12" />
        <departure id="2" departureTime="07:05:00"
          vehicleRefId="23" />
        <departure id="3" departureTime="07:10:00"
          vehicleRefId="34" />
      </departures>
    </transitRoute>
  </transitLine>
</transitSchedule>

```

Fonte: Rieser (2016).

A Tabela 2 explica as definições utilizadas da Figura 3.

Tabela 2 – Definições dos identificadores da Figura 3.

Identificador	Definição
<i>transitSchedule</i>	declara as informações sobre a configuração do tráfego do transporte coletivo
<i>transitStops</i>	declara todas as paradas de ônibus existentes no modelo e suas características
<i>stopFacility</i>	declara as características relacionadas às paradas, como: código (<i>id</i>), coordenadas geográficas (<i>x</i> e <i>y</i>) e nome da parada (<i>name</i> , opcional)
<i>transitLine</i>	declara as características relacionadas a uma linha (<i>id</i>) de transporte coletivo
<i>transitRoute</i>	declara as características da rota (<i>id</i>) feita pela linha
<i>description</i>	indica um espaço para deixar algum comentário (opcional)
<i>transportMode</i>	indica o tipo de transporte coletivo da linha
<i>transitRoute</i>	declara as informações de tempo de chegada (<i>arrivalOffset</i>), de partida (<i>departureOffset</i>) e se espera, ou não, determinado horário para sair da parada (<i>awaitDeparture</i>) dentre paradas de ônibus (<i>stop refId</i>) que compõem uma rota
<i>route</i>	declara a rota que a linha percorre (<i>link refId</i>)
<i>departures</i>	declara a hora de partida (<i>departureTime</i>) de cada parada de ônibus (<i>id</i>), com a referência do ponto que está ao ponto de destino (<i>link refId</i>)

Fonte: Autora (2016).

2.3 CONFIABILIDADE DO TEMPO DE VIAGEM COMO MEDIDA DE DESEMPENHO NO TRANSPORTE COLETIVO

Um indicador de desempenho é um parâmetro utilizado para quantificar a eficiência e/ou eficácia de uma ação, processo ou sistema (RADOMYSLER, 2015), e quando utilizados em algum método de avaliação geram índices cujos valores servem como ferramentas de auxílio a tomadas de decisão e de análise de situações atuais e futuras (CAMPOS; RAMOS, 2005).

Segundo Gomes, Marcelino e Espada (2000), os indicadores podem servir para um conjunto de aplicações de acordo com os objetivos em estudo. Tais instrumentos fornecem informações sobre vários aspectos de uma operação de transporte como, por exemplo, a qualidade do serviço prestado.

De acordo com Allen e Grimm (1980) apud Souza (2001), os indicadores selecionados para utilização na avaliação do desempenho de um sistema de transporte devem satisfazer os seguintes critérios técnicos gerais: ser facilmente compreensíveis; ser objetivos; ser mensuráveis a partir de dados disponíveis; e ser aceitáveis pelas partes envolvidas.

Em relação à análise da qualidade do transporte coletivo, Ferraz e Torres (2004) listam doze principais indicadores para análise. São eles: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos e dos locais de paradas, sistema de informação, conectividade, comportamento dos operadores e estado das vias. Para esses indicadores, são relacionados padrões de qualidade para o transporte coletivo por ônibus, estabelecendo atributos que caracterizam, do ponto de vista dos usuários, um serviço de qualidade boa, regular e ruim (FERRAZ e TORRES, 2004). A Tabela 3 apresenta uma síntese deles.

Tabela 3 – Padrões de qualidade para o transporte coletivo por ônibus.

Indicadores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Frequência de atendimento	Intervalo entre atendimentos (minutos)	< 15	15 – 30	> 30
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro	< 1,5	1,5–2,5	> 2,5
Lotação	Taxa de passageiros em pé (pass/m ²)	< 2,5	2,5 – 5,0	> 5,0
Confiabilidade	Viagens não realizadas ou realizadas com adiantamento maior que 3 min ou atraso acima de 5 min (%)	< 1,0	1,0 – 3,0	> 3,0
Segurança	Índice de acidentes (acidentes/100 mil km)	< 1,0	1,0 – 2,0	> 2,0

Fonte: adaptado de FERRAZ E TORRES (2004).

Para Lima Jr. (1995) apud Rodrigues e Serratini (2008), os principais critérios de avaliação de qualidade para o transporte coletivo são: confiabilidade, responsabilidade, empatia, segurança, tangibilidade, ambiente, conforto, acessibilidade, preço, comunicação, imagem, momentos de interação.

Cabe ressaltar que os autores elencam o critério confiabilidade como uma avaliação importante em relação à qualidade do transporte coletivo. Freitas et al. (2015) citam que a confiabilidade é um indicador do transporte coletivo muito perceptível ao usuário, pois sistemas pouco confiáveis não desempenham bem a função de atrair os usuários que utilizam modos individuais motorizados. Isso se dá pelo fato de significar um tempo de espera alto nos pontos de parada e atraso na chegada aos destinos, mesmo que o indivíduo conheça a grade de horários.

Para Ferraz e Torres (2004), a confiabilidade do transporte coletivo está relacionada ao grau de certeza que os usuários têm de que o veículo irá passar na origem e chegar ao destino dentro do horário previsto, levando em consideração alguma margem de tolerância. Com o foco na confiabilidade do tempo de viagem, Polus (1978), Sterman e Schofer (1976) apud Liu e Sinha (2007) definiram esta como o inverso do desvio padrão dos tempos de viagem, de modo que, quanto maior o resultado obtido, maior a confiabilidade da linha. A partir dessa definição, a medida de confiabilidade será alta quando a variabilidade do tempo de viagem for pequena.

Já para Silva (2010), Liu e Sinha (2007), a confiabilidade do tempo de viagem foi definida pelo cálculo do inverso do coeficiente de variação, tornando a variabilidade relativa à média de cada trecho estudado. E, assim como o desvio padrão, existe correlação positiva entre o resultado e a confiabilidade da linha.

Freitas et al. (2015) afirmam que, em geral, o grau de confiabilidade obtido pelo inverso do desvio padrão tenderá para linhas com menores tempos de viagem, a apresentar indicadores elevados. Porém, isso não ocorre na prática: variabilidades são mais perceptíveis quanto menor for o tempo de viagem. Ou seja, um atraso de cinco minutos em uma linha de ônibus que leva, em média, trinta minutos não tem o mesmo peso para o usuário que o mesmo atraso numa linha com tempo médio de viagem de 60 minutos, por exemplo.

Ainda de acordo com Freitas et al. (2015), considera-se que a mensuração da confiabilidade do tempo de viagem é dado pelo inverso do coeficiente de variação. Por

considerar os dados relativos à média, apresentam indicadores com maior grau de correspondência à realidade. Com base nisso, neste trabalho, a confiabilidade do tempo de viagem foi mensurada a partir de Liu e Sinha (2007), de acordo com:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Tr_i - Tm)^2}{n - 1}} \quad (2.1)$$

$$C = \frac{Tm}{s} \quad (2.2)$$

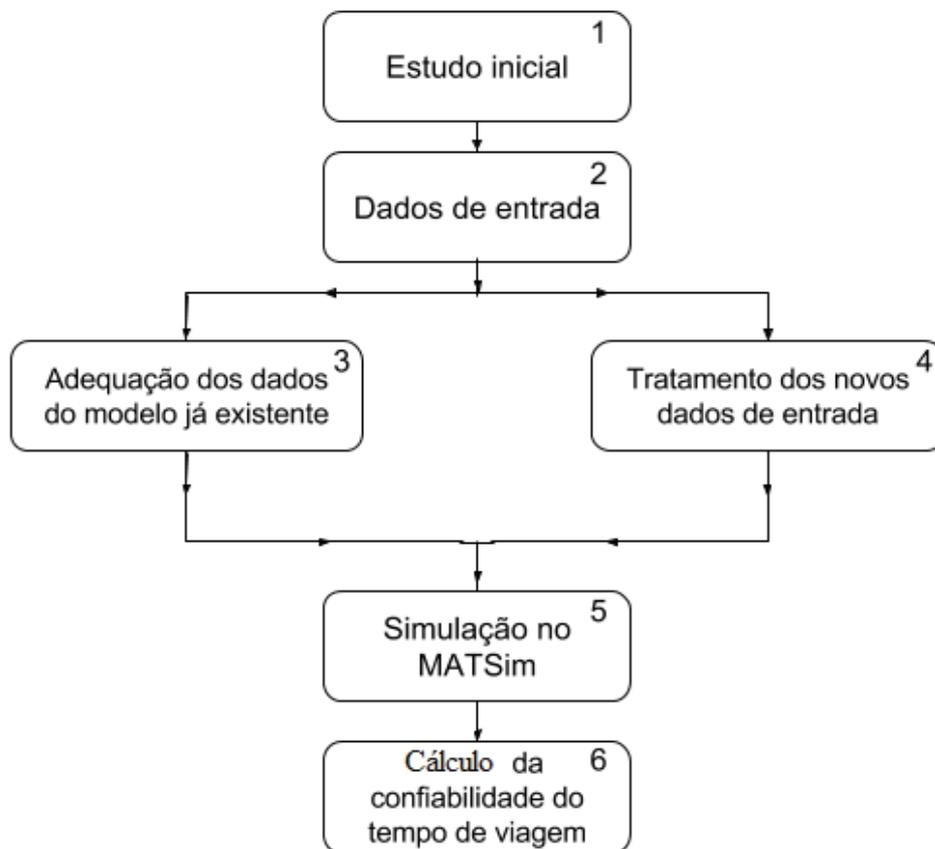
Onde:

- s = desvio padrão;
- Tr = tempo de viagem realizado;
- Tm = tempo médio de viagem;
- n = número de viagens realizadas;

3 EXTENSÃO DO MODELO MATSIM PARA A CIDADE DE JOINVILLE/SC

Neste capítulo serão explicadas todas as etapas necessárias para gerar a simulação do modelo de Joinville com transporte coletivo, assim como os cálculos realizados para a construção da tabela de confiabilidade do tempo de viagem. A Figura 4 ilustra as etapas realizadas.

Figura 4 – Etapas realizadas.



Fonte: Autora (2016).

Na etapa 1 foi realizado o levantamento bibliográfico sobre transporte coletivo, simuladores de tráfego e indicadores de desempenho, além de uma breve explicação sobre a operação do transporte coletivo em Joinville (Seção 3.1). A partir do estudo inicial, mapeou-se os dados de entrada necessários para realizar a simulação do transporte coletivo por ônibus na cidade, consistindo a etapa 2. Após a definição desses dados, eles foram divididos em duas partes: os dados complementares, aqueles que foram adicionados no modelo anterior e, os dados de entrada básicos, considerados os específicos do transporte

coletivo. Os primeiros referem-se aos dados da configuração da rede viária, atualização da contagem de tráfego e população que utiliza ônibus. A segunda parte refere-se às características dos veículos, linhas de ônibus e seus horários de saída do ponto de origem, paradas de ônibus e itinerários.

Após todos os dados de entrada serem coletados, realizou-se as etapas 3 e 4, sendo necessário o tratamento adequado dos dados para convertê-los para o padrão MATSim, como o ajuste da rede de tráfego, ajuste da população, inclusão de novas contagens de tráfego, e o tratamento dos dados de entrada básico, os quais geraram os arquivos de caracterização dos veículos, rotas e linhas (Seção 2.2.1.2). Na etapa 5, os arquivos estavam prontos para serem utilizados pelo simulador de tráfego e a execução da simulação pôde ser realizada.

Por fim, a etapa 6 consistiu em calcular o tempo de viagem das linhas de ônibus utilizadas neste trabalho, a partir dos resultados obtidos pela simulação.

O detalhamento de todas as etapas encontra-se nas seções subsequentes.

3.1 Transporte coletivo de Joinville

A cidade de Joinville possui apenas um modo de sistema de transporte coletivo: o ônibus, conhecido como Sistema Integrado de Transporte (SIT). O SIT opera com integração física e temporal, com desenho tronco-alimentador e tem forma radial e diametral (IPPUJ, 2016). Na Tabela 4 está exposto os tipos de linhas de ônibus existentes na cidade e suas respectivas definições.

Tabela 4 – Tipos de linhas de ônibus.

Tipos de linhas de ônibus	Definição
Troncal	Linha que opera num corredor onde há grande concentração de demanda, fazendo ligação de dois terminais (Centro x bairro);
Alimentadora	Linha que faz ligação de um terminal aos bairros mais próximos;

Continua na próxima página.

Tabela 4 – Tipos de linhas de ônibus (continuação).

Tipos de linhas de ônibus	Definição
Expressa	Linha que opera com poucas ou nenhuma parada intermediária para aumentar a velocidade operacional, reduzindo, assim, o tempo de viagem;
Especial	Funcionam apenas em determinados horários, normalmente em horários de pico;
Radial	Linha que liga a zona central à outra região da cidade;
Diametral	Linha que conecta duas regiões opostas, passando pela zona central;
Circular	Linha que liga várias regiões da cidade, formando um circuito fechado;

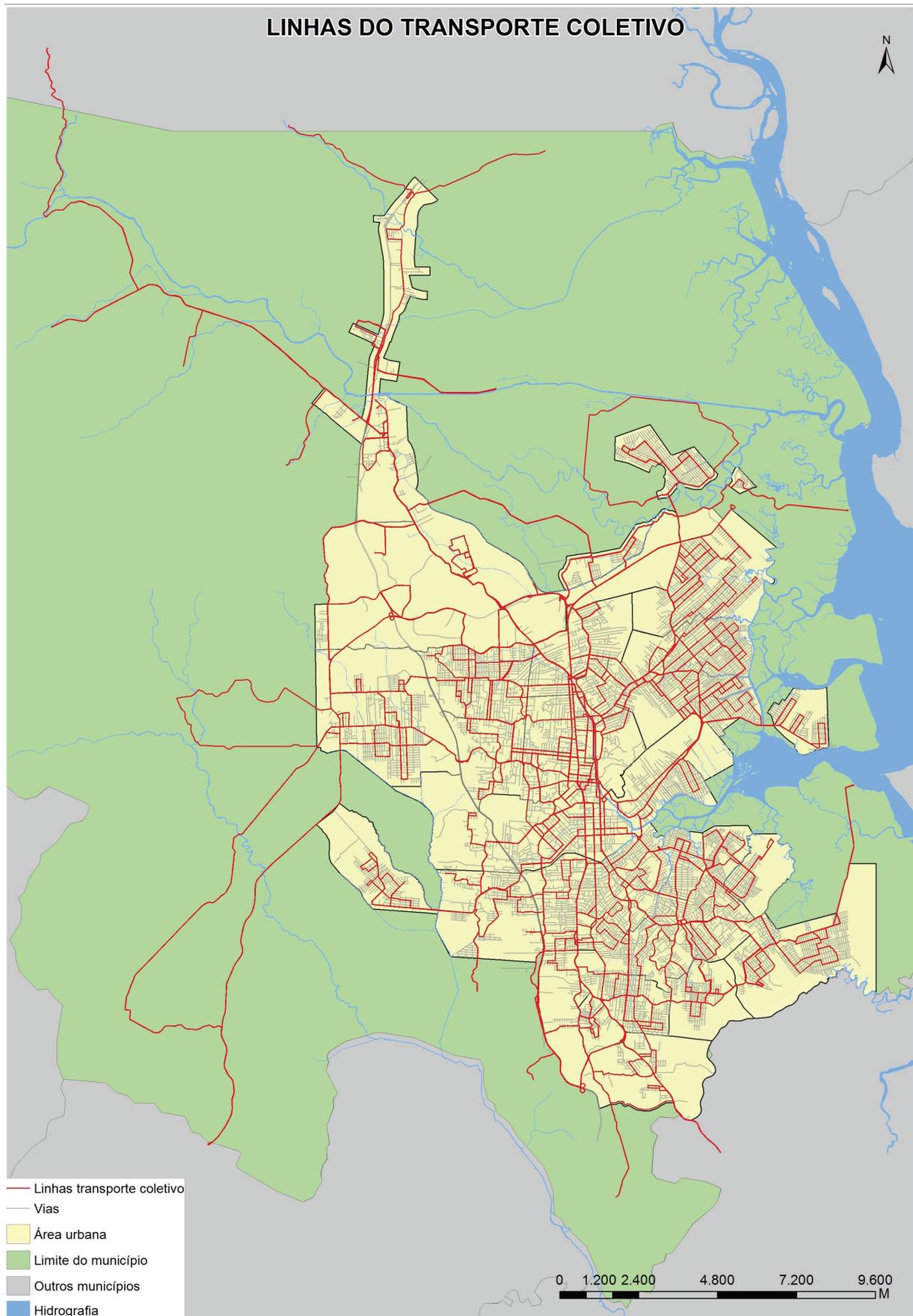
Fonte: adaptado de Ferraz e Torres (2004).

Dos tipos de linhas de ônibus citados acima, o SIT é operado por 265 linhas regulares, compreendendo as linhas troncais (paradoras e diretas), linhas alimentadoras, linhas especiais e linhas circulares (IPPUJ, 2016). O SIT está organizado fisicamente em uma rede com 10 estações de integração e 2300 paradas de ônibus.

As vias troncais do SIT dispõem de faixas exclusivas de ônibus, são elas: Rua Doutor João Colin, Rua Blumenau, Rua Santa Catarina, Rua São Paulo, Avenida Juscelino Kubitschek, Rua Santo Agostinho, Avenida Getúlio Vargas, Rua Albano Schultz, Avenida Doutor Paulo Medeiros e Rua Herval do Oeste, totalizando 10 quilômetros de faixas (IPPUJ, 2016).

A Figura 5 ilustra as vias atendidas pelo transporte coletivo na cidade.

Figura 5 – Linhas do transporte coletivo em Joinville.



Fonte: IPPUJ (2016).

3.2 Coleta dos dados de entrada

Esta seção refere-se à coleta dos dados de entrada, relacionada à etapa 2, conforme a Figura 4 mostrada no início deste capítulo.

Primeiramente, o modelo de Joinville anterior precisou ser adequado, pois nele não constava nenhuma especificação quanto ao transporte coletivo da cidade. Para isso, foi necessária a coleta de informações adicionais, os dados complementares, disponibilizados pelo Departamento de Trânsito (DETRANS) e IPPUJ. Esses dados foram referentes à:

- a) rede viária;
- b) contagem de tráfego; e
- c) população.

Já os dados de entrada básicos, referentes ao transporte coletivo, foram disponibilizados pela Fundação IPPUJ, DETRANS, e pelas empresas Passebus, Gidion e Transtusa. Os dados utilizados foram:

- a) características dos veículos;
- b) linhas de ônibus;
- c) horários das linhas;
- e) paradas de ônibus; e
- d) itinerários (rotas).

Ao longo da coleta de dados, muitas etapas de adaptação e tratamento foram executadas. Os tópicos seguintes explicam a forma como os dados foram processados para a criação do modelo com transporte coletivo.

3.3 Tratamento dos dados de entrada

Esta seção explica o tratamento necessário para cada tipo de dado de entrada, para uso no simulador, relacionado às etapas 3 e 4, conforme a Figura 4, mostrada no início deste capítulo.

Primeiro, serão explicadas as adequações feitas no modelo anterior (etapa 3) a partir dos dados complementares coletados. Em seguida, serão explicados o tratamento dos dados de entrada básicos (etapa 4).

3.3.1 Rede viária

A rede viária do modelo anterior foi adequada para este cenário, com a permissão de tráfego do transporte coletivo nas vias e inserção das faixas exclusivas, quando necessário.

A Figura 6 ilustra um exemplo de segmento de via adicionada ao modelo, contendo informações sobre suas características.

Figura 6 – Exemplo de arquivo de rede.

```
<link capacity="1500" freespeed="17.78" from="2510" id="996343"
length="193.673172032" modes="bus" oneway="1" permlanes="1" to="3814"/>
```

Fonte: Autora (2016).

Os identificadores da Figura 6 têm seus significados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Significados dos identificadores de caracterização da rede viária.

Identificador	Definição
<i>link</i>	indica um segmento do arco
<i>capacity</i>	indica a capacidade da faixa em relação ao número de veículos
<i>freespeed</i>	indica a velocidade média dos veículos no arco (m/s)
<i>from</i>	indica o ponto inicial do arco
<i>id</i>	identificador de uma faixa do arco
<i>length</i>	indica o comprimento do arco (m)
<i>modes</i>	tipo de veículos permitidos na faixa do arco
<i>oneway</i>	indica o sentido do arco. 1 para <i>mão única</i> e 2 para <i>mão dupla</i>
<i>permlanes</i>	número de faixas, no segmento do arco, disponível para o tipo de modo definido
<i>to</i>	indica o ponto final da via

Fonte: Autora (2016).

Os identificadores que não foram definidos como faixas exclusivas, foram tratados como vias de modo compartilhado, isto é, uso para carros e ônibus. Assim, o transporte coletivo é capaz de trafegar por todas as vias, independentes de exclusividade ou não.

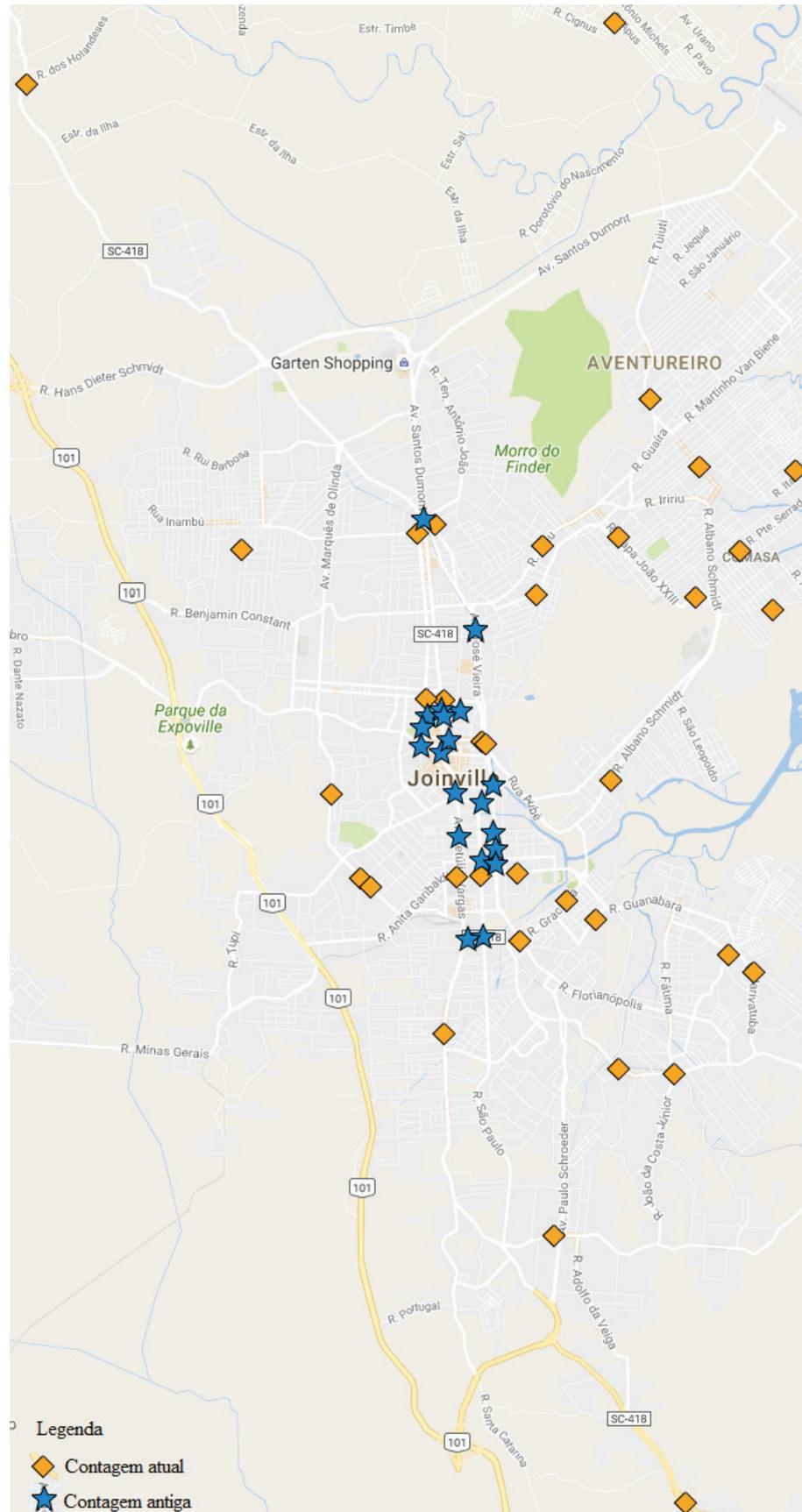
3.3.2 Contagem de tráfego

No último ano, foram implantados novos radares fixos para controle de velocidades. Com esses pontos de medição foi possível coletar dados de tráfego (DETRANS,

2016). Para as vias que não possuem radares foram mantidas as contagens do modelo anterior, referentes às do ano de 2015. Essas informações provêm do sistema de Controle de Tráfego em Área (CTA), que é um sistema de controle semaforizado instalado em Joinville (IPPUJ, 2014). As contagens de tráfego são importantes na etapa de avaliação da simulação, pois permitem que se avalie quão próximos da realidade estão as vazões de tráfego, principalmente quando se pretende validar a população.

A Figura 7 ilustra a localização dos pontos de contagem de tráfego na cidade. Os pontos relacionados às contagens antigas têm maior concentração na região central. Já os pontos novos, encontram-se mais distribuídos.

Figura 7 – Localização dos pontos de contagem de tráfego em Joinville.



Fonte: Imagem Google. Dados do DETRANS (2016).

3.3.3 População

No modelo anterior de Bicudo (2015), a população considerada foi a que realizava viagens por automóveis individuais. Para o cenário deste trabalho foi considerado, também, a população que utiliza o modo *ônibus*.

Para isso, foi preciso filtrar os indivíduos que realizavam deslocamentos de automóveis individuais e ônibus, de acordo com a matriz OD (IPPUJ, 2015 apud BICUDO, 2015). Para tanto, um algoritmo de programação foi adequado e, por fim, o resultado desejado foi gerado. Uma síntese do algoritmo é mostrado no Apêndice A.

No algoritmo os dados de saída indicam a rotina de um indivíduo durante um dia, com deslocamento por meio de automóvel particular ou ônibus. Ressalta-se que, um indivíduo começa e termina sua rotina utilizando o mesmo modo de transporte.

3.3.4 Características do veículo

Os dados necessários para gerar o conjunto de caracterização do veículo foram:

- a) ônibus modelo padrão de Joinville;
- b) capacidade: 40 pessoas sentadas e 39 pessoas em pé (PASSEBUS, 2016); e
- c) comprimento de 13,20 metros (PASSEBUS, 2016).

A Figura 8 mostra uma síntese do arquivo gerado de caracterização dos veículos.

Figura 8 – Síntese do arquivo de caracterização do veículo para a simulação de Joinville.

```

<vehicleDefinitions xmlns="http://www.matsim.org/files/dtd"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.matsim.org/files/dtd
http://www.matsim.org/files/dtd/vehicleDefinitions_v1.0.xsd">
  <vehicleType id="BUS">
    <description>ônibus padrão</description>
    <capacity>
      <seats persons="40"/>
      <standingRoom persons="39"/>
    </capacity>
    <length meter="13.2"/>
  </vehicleType>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_36_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_37_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_38_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_39_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_40_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_41_0001" type="BUS"/>
  <vehicle id="BUS__bomretiro_norte_42_0001" type="BUS"/>
</vehicleDefinitions>

```

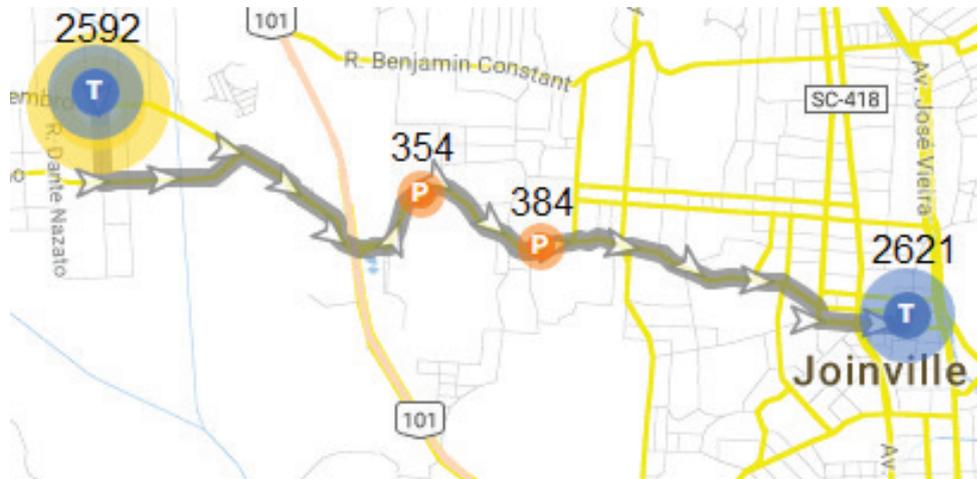
Fonte: Autora (2016).

3.4 Caracterização das rotas e linhas de ônibus

Para o desenvolvimento do arquivo que define a caracterização das rotas e linhas de ônibus, utilizou-se os dados referentes às linhas, como horários de partida e rotas percorridas, tempo médio de viagem e localização das paradas de ônibus. Para isso, realizou-se o tratamento de cada conjunto de dados em dois passos.

O primeiro passo foi o de agrupar os dados obtidos, de acordo com as linhas de ônibus. Esses dados foram: os horários das linhas, o tempo de chegada em cada parada de ônibus e seus itinerários, consistindo na lista de paradas de ônibus pelas quais cada linha deve passar. Como exemplo, a Figura 9 ilustra o percurso da linha Vila Nova/Centro - Semidireta, saindo da estação Vila Nova e com destino à estação Centro, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 – Percurso realizado pela linha Vila Nova/Centro - Semidireta.



Fonte: adaptado de PASSEBUS (2016).

A Tabela 6 contém as informações agrupadas da linha.

Tabela 6 – Exemplo de arquivo após o agrupamento dos dados, da linha Vila Nova/Centro - Semidireta

	A	B	C	D
1	vilanova_centro_semidireta_vilanova			
2	BUS			
3	2592	354	384	2621
4	6h16	6h22	6h28	6h34

Fonte: Autora (2016).

De acordo com a Tabela 6:

- a linha 1 representa o identificador (*id*) da linha de ônibus;
- a linha 2 representa o tipo de transporte coletivo utilizado, que, no caso de Joinville, será tipo *ônibus* (*BUS*) para todas as linhas;
- a linha 3 contém o identificador (*id*) das paradas de ônibus, por quais essa linha irá passar; e
- a linha 4 representa o horário de saída de cada parada de ônibus.

Ainda de acordo com a Tabela 6, o primeiro horário foi obtido através do *site* das empresas licitadas. Os horários seguintes foram obtidos pela média do tempo total

de viagem (fornecido pelas empresas licitadas) em relação ao número total de paradas de ônibus, adicionado a um tempo de espera para embarque/desembarque, que variou de 30 a 60 segundos, de acordo com o tempo médio de viagem de cada linha, como segue:

$$H = \frac{M}{N} + T \quad (3.1)$$

Onde:

- H é o horário estimado em que a linha irá chegar na próxima parada de ônibus;
- M é o média do tempo total de viagem, estimada pelas empresas licitadas;
- N é o número total de pontos de ônibus por qual a linha irá passar;
- T é o tempo de espera para embarque/desembarque em cada parada.

Vale ressaltar que o tempo de viagem de cada linha, assim como o tempo de embarque/desembarque nas paradas de ônibus, são uma estimativa e não seus efetivos valores operacionais.

O segundo passo foi o tratamento dos dados relacionados às paradas de ônibus. As coordenadas geográficas foram dadas no sistema de coordenadas World Geodetic System (WGS 84), porém para padronizar com o arquivo da rede viária, foi necessário convertê-las em códigos European Petroleum Survey Group (EPSG:31982). Para tal conversão, criou-se um algoritmo de programação, ilustrado no Apêndice B.

A Tabela 7 ilustra um exemplo do arquivo de atributos das paradas de ônibus.

Tabela 7 – Exemplo do arquivo de atributos dos paradas de ônibus.

	A	B	C	D	E
1	endereço	bloqueada	coord x	coord y	id
2	Av. Alvino Hansen, 1118 - A. Garcia	false	719288.8948	7087354.054	2671

Fonte: Autora (2016).

De acordo com a Tabela 7:

- a coluna A representa o endereço das paradas de ônibus (optativo);
- a coluna B representa se a localização da parada de ônibus interfere no trânsito de automóveis quando um ônibus para (*true*) ou não (*false*). Essas informações foram atribuídas com base na classificação e capacidade das vias e imagens de satélite;

- as colunas C e D representam as coordenadas geográficas das paradas de ônibus, latitude e longitude, respectivamente; e
- a coluna E representa o identificador (*id*) de cada parada de ônibus.

Após os dois passos realizados, os conjuntos de dados foram tratados e adequados para uso do simulador. Um exemplo do arquivo resultante encontra-se no Apêndice C.

3.5 Visualização da rede viária e dos pontos de paradas

Após a realização das etapas 3 e 4, definidas no início deste capítulo, com dados de entrada, foi possível visualizar a rede viária e os pontos de paradas dos ônibus, através de uma ferramenta de visualização, Via (SENOZON, 2016), conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10 – Rede viária com inserção das paradas de ônibus.



Fonte: Autora (2016).

3.6 Cálculo da confiabilidade do transporte coletivo por ônibus de Joinville/SC

Para calcular a confiabilidade do tempo de viagem, neste trabalho utilizou as equações 2.1 e 2.2, da Seção 2.3.

A partir do arquivo resultante da simulação obteve-se o tempo de viagem das linhas de ônibus em todos os horários de partida. O tempo de viagem foi calculado a partir de um algoritmo de programação.

Para este trabalho utilizou-se o cálculo para o percurso de um ponto de origem até um ponto de destino pelo fato de que, em alguns períodos do dia, os veículos realizam só o caminho de ida, e um outro veículo o percurso de volta para uma mesma linha.

3.6.1 Nível de qualidade

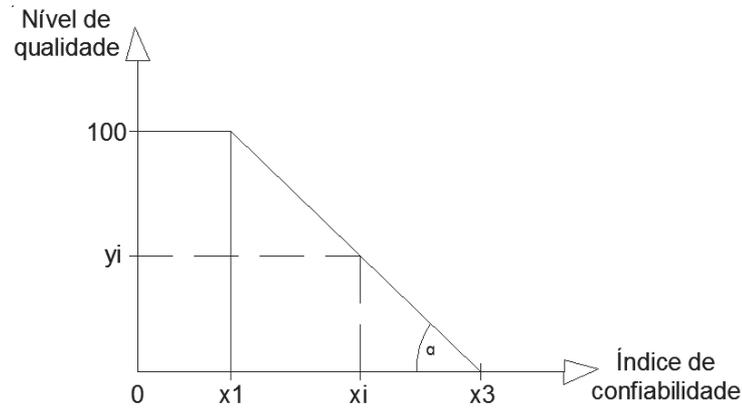
Após os resultados dos índices de confiabilidade, para mensurar qualitativamente os valores obtidos, foram utilizados os valores base, de acordo com a Tabela 3 (Seção 2.3), do fator *confiabilidade*. Porém, para este trabalho será utilizada a relação inversa à proposta de Ferraz e Torres (2004), pois os índices calculados neste são diretamente proporcionais à confiabilidade do serviço.

Para tanto, esta etapa consiste em transformar o valor encontrado para o índice de confiabilidade em um valor correspondente à escala de 0 a 100, de acordo com o desempenho deste indicador, através do seguinte processo:

- considera-se os valores correspondentes ao nível de qualidade *ruim* como sendo iguais a *zero*;
- considera-se os valores correspondentes ao nível de qualidade *bom* como sendo iguais a *cem*;
- faz-se a interpolação linear para obtenção do valor

A Figura 11 ilustra o critério adotado.

Figura 11 – Interpolação linear do nível de qualidade versus índice de confiabilidade.



Fonte: Autora (2016).

$$y_i = (x_3 - x_i) * tg(\alpha) \quad (3.2)$$

$$tg(\alpha) = \frac{100}{(x_3 - x_1)} \quad (3.3)$$

Onde,

- y_i é o valor limite do nível de qualidade *ruim* e *bom*;
- x_i é o valor calculado a partir de y_i ;
- x_1 é o menor valor do índice de confiabilidade resultante;
- x_3 é o maior valor do índice de desempenho resultante;

Será realizada uma interpolação com $y_i = 3$, para encontrar o valor do índice de confiabilidade máximo, classificado como *ruim*; e outra com $y_i = 1$, para encontrar o valor mínimo, classificado como *bom*.

3.7 Limitações do modelo

A simulação realizada possui algumas limitações, o que pode influenciar no cálculo da medida de desempenho para caracterizar os ônibus. As principais limitações foram:

- a) apenas viagens de automóveis individuais e ônibus foram consideradas;
- b) a rede não conta com impedâncias como lombadas e faixas de pedestre;

- c) não há diferenças no tipo de pavimento;
- d) as vias não possuem semáforos;
- e) não são considerados incidentes de tráfego ou obras;
- f) apenas um modelo de ônibus (padrão) foi considerado;
- g) para cada horário de partida dos ônibus, utilizou-se um veículo diferente; e
- h) população sintética não validada.

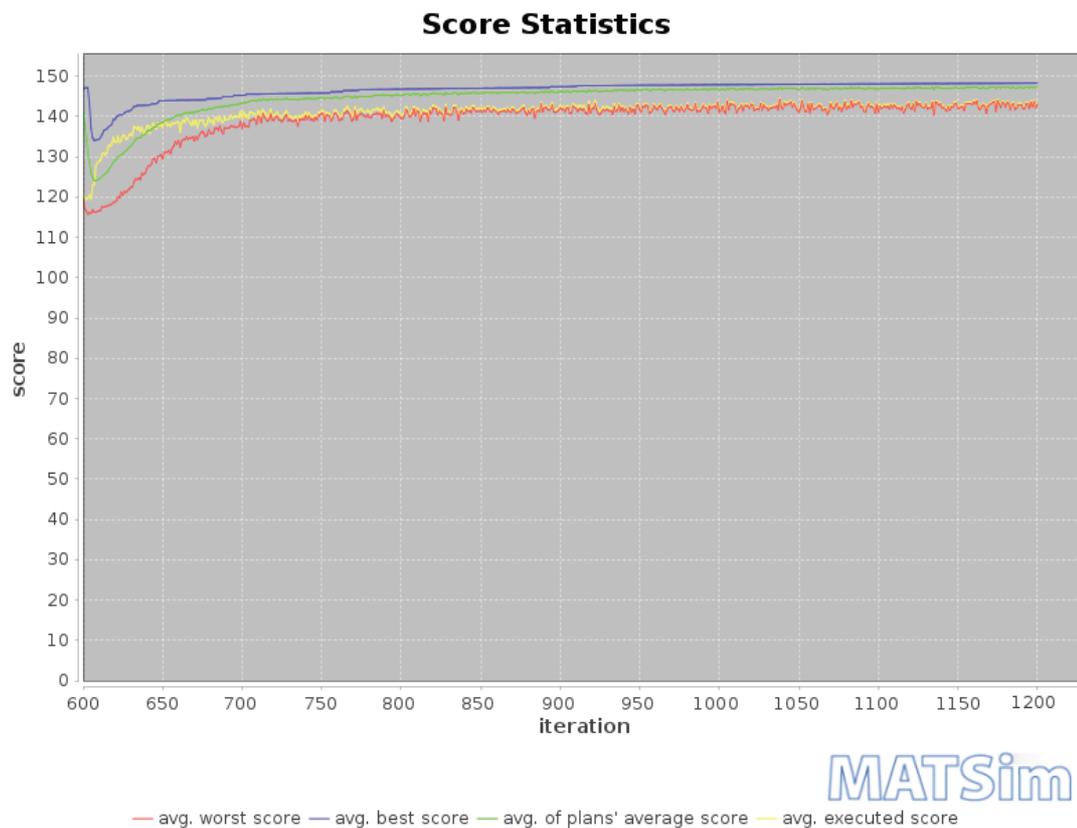
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o modelo configurado no MATSim foi possível executar a simulação, como descrito anteriormente. Este capítulo apresenta os parâmetros de configuração e os resultados da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus obtidos por meio desta simulação.

4.1 Configuração da simulação

Os parâmetros de simulação utilizados seguiram o padrão do MATSim, versão 0.8.0, e para chegar a um estado de equilíbrio foram necessárias 950 iterações. Para este trabalho foi utilizado o critério de parada de 48 horas e foram realizadas 1200 iterações. A Figura 12 ilustra a evolução das notas dos planos da população ao longo das iterações.

Figura 12 – Evolução das notas avaliadas pelo MATSim ao longo das iterações.



Fonte: Autora (2016).

4.2 Visualização da simulação

O MATSim apresenta os resultados no formato de *eventos*, o qual descreve as atividades que um indivíduo exerce ao longo de sua rotina, assim como os horários de início e fim delas.

A Figura 13 ilustra a visualização do resultado final da simulação, com automóveis (*triângulo*) e ônibus (*retângulo*) na rede viária de Joinville.

Figura 13 – Visualização do resultado final da simulação do modelo de Joinville com transporte coletivo.



Fonte: Autora (2016).

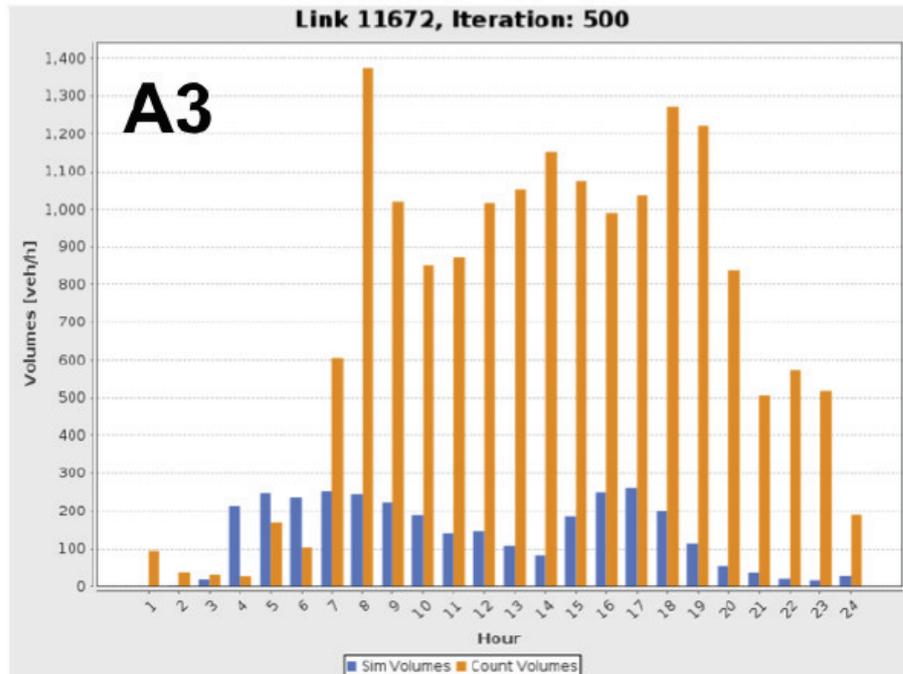
4.3 Análise dos resultados de contagens de tráfego

Ao fim da simulação é possível avaliar os resultados com base nos dados de contagens fornecidos (Seção 3.3.2). São gerados gráficos, os quais possibilitam comparar o fluxo de tráfego nos arcos da simulação com as contagens reais, adicionadas ao modelo.

Com o propósito de comparar os resultados de contagens do modelo anterior com o modelo atual, escolheu-se dois exemplos gerados em ambos os modelos. Os gráficos escolhidos foram os pertencentes aos pontos de contagens das Avenidas Hermann August Lepper e Coronel Procópio Gomes de Oliveira. As Figuras 14 e 15 ilustram o primeiro exemplo, com o resultado comparativo da Avenida Hermann August Lepper. As Figuras 16 e 17 (segundo exemplo) mostram os resultados da Avenida Coronel Procópio Gomes de Oliveira. Nelas, as colunas à esquerda representam o volume de tráfego simulado, e as

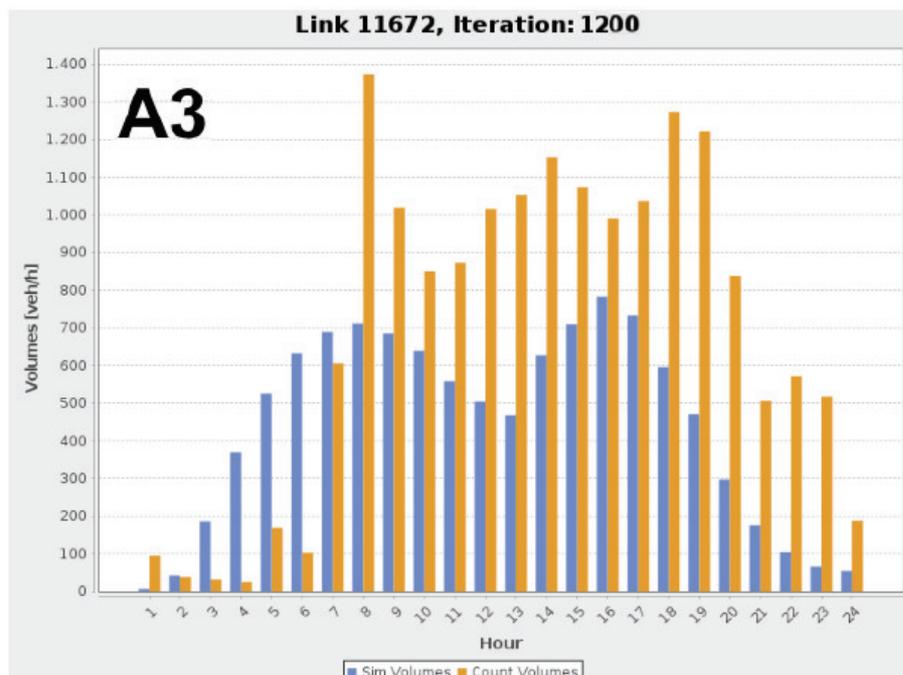
colunas à direita, as contagens reais.

Figura 14 – Resultado comparativo no arco A3, gerado pelo modelo anterior, localizado na Avenida Hermann August Lepper.



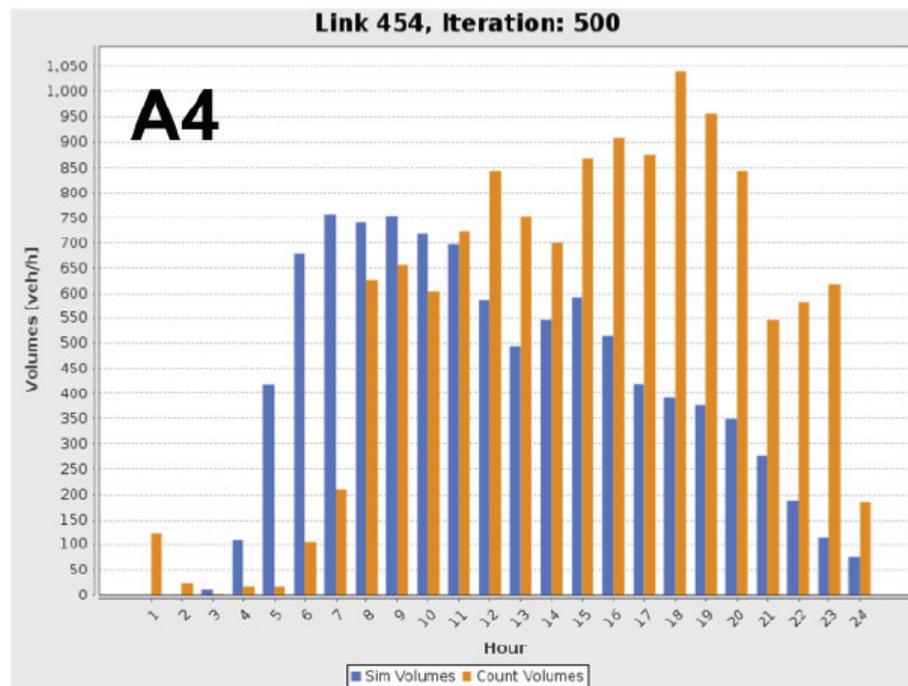
Fonte: BICUDO (2015).

Figura 15 – Resultado comparativo no arco A3, gerado pelo modelo atual, localizado na Avenida Hermann August Lepper.



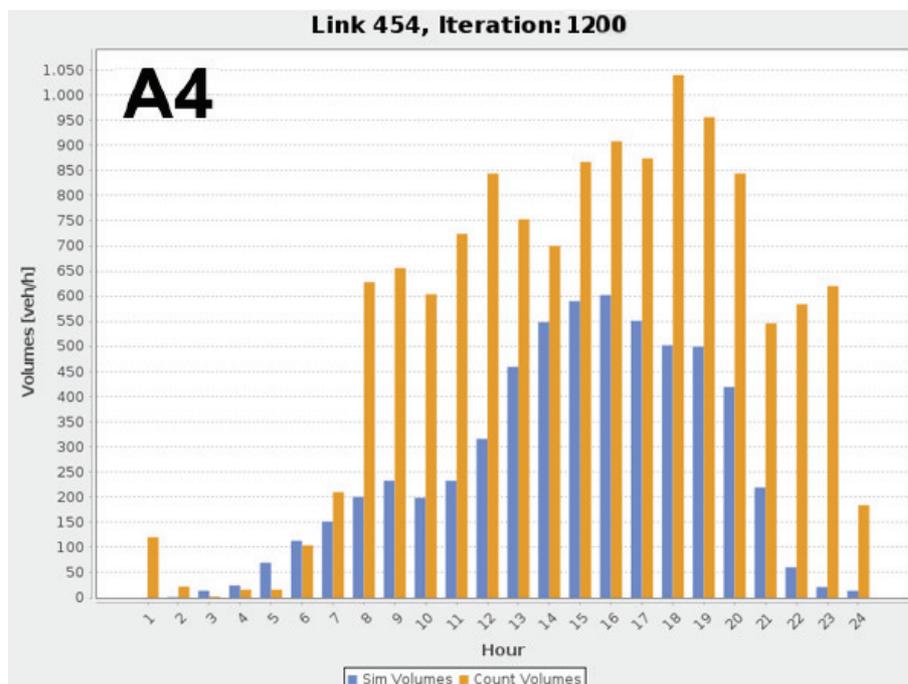
Fonte: Autora (2016).

Figura 16 – Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo anterior, localizado na Avenida Coronel Procópio Gomes de Oliveira.



Fonte: BICUDO, 2015.

Figura 17 – Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo atual, localizado na Avenida Coronel Procópio Gomes de Oliveira.



Fonte: Autora (2016).

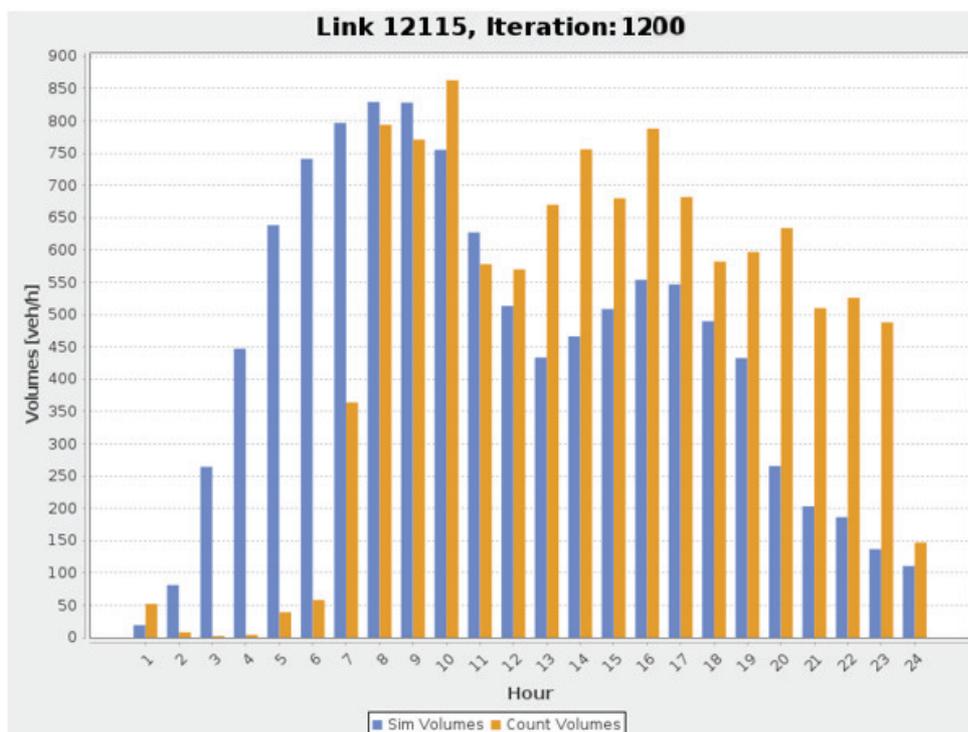
No primeiro exemplo, observa-se que o modelo atual melhorou, em relação ao

anterior, pois os fluxos de tráfego simulados estão mais próximas das contagens fornecidas, conseguindo reproduzir melhor o cenário real.

No segundo exemplo, os resultados dos modelos ficaram próximos, um do outro. Mas, ainda assim, o modelo anterior compreende os melhores resultados dos fluxos de tráfego em relação às contagens atuais.

Dentre os os resultados comparativos gerados no modelo atual, o gráfico que mais aproximou-se da contagem fornecida foi o que representa a Rua Dr. João Colin (Figura 18).

Figura 18 – Resultado comparativo no arco A4, gerado pelo modelo atual, localizado na Rua Dr. João Colin.



Fonte: Autora (2016).

4.4 Resultado da confiabilidade do tempo de viagem

A partir dos tempos de viagem, resultantes da última iteração da simulação, foi possível calcular os índices de confiabilidade do tempo de viagem, objetivo deste trabalho. A partir deles, também foi possível definir os intervalos de níveis de qualidade, conforme explicado na seção 3.6.1.

Assim, ainda de acordo com a seção 3.6.1, o menor e maior índice da confiabili-

dade do tempo de viagem foram $0,58(x_1)$ e $2998,39(x_3)$, respectivamente. Desta forma, como se calcula os índices de confiabilidade limitantes para cada nível de qualidade, mostrados na Tabela 8.

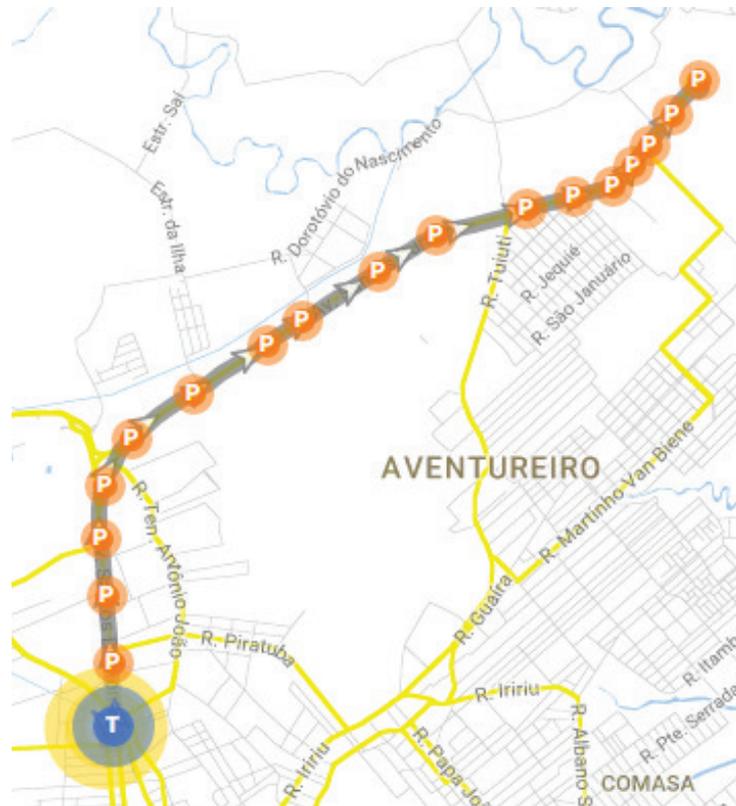
Tabela 8 – Índices de confiabilidade de acordo com o nível de qualidade

Nível de qualidade	Índice de confiabilidade
Ruim	< 30
Regular	30 - 90
Bom	> 90

Fonte: Autora (2016).

Como exemplo do cálculo da confiabilidade e classificação do nível de qualidade, a linha Norte/Aeroporto, saindo da estação Norte sentido aeroporto (Figura 19), possui cinco horários de saída da estação em um dia ($n = 5$), conforme mostra a Tabela 9, com seus respectivos tempos de viagem.

Figura 19 – Percurso realizado pela linha Norte/Aeroporto.



Fonte: PASSEBUS (2016).

Tabela 9 – Tempo de viagem em cada horário de saída da linha Norte/Aeroporto.

Horário de saída	Tempo de viagem (s)
6h45	603
8h30	650
11h00	625
18h10	611
22h35	623

Fonte: Autora (2016).

Assim, o tempo médio de viagem da linha foi calculado pela média aritmética de cada tempo de viagem, obtendo $T_m = 622,4$ segundos. Das Equações 2.1 e 2.2, tem-se:

$$s = \sqrt{\frac{(603 - 622,4)^2 + (650 - 622,4)^2 + \dots + (623 - 622,4)^2}{5 - 1}} \quad (4.1)$$

$$s = 17,85 \text{ s} \quad (4.2)$$

Por fim, a confiabilidade do tempo de viagem é:

$$C_{tv} = \frac{622,4}{17,85} \quad (4.3)$$

$$C = 34,86 \quad (4.4)$$

Desse modo, de acordo com a Tabela 8, essa linha é classificada como *regular*.

Ressalva-se que os resultados descritos neste capítulo são somente relevantes para o modelo construído, o qual não retrata a operação real do sistema.

A Tabela 10 ilustra o índice de confiabilidade de algumas linhas de ônibus da cidade. Os nomes das linhas foram omitidos, sendo representados por uma sequência de números naturais. A tabela completa encontra-se no Apêndice D.

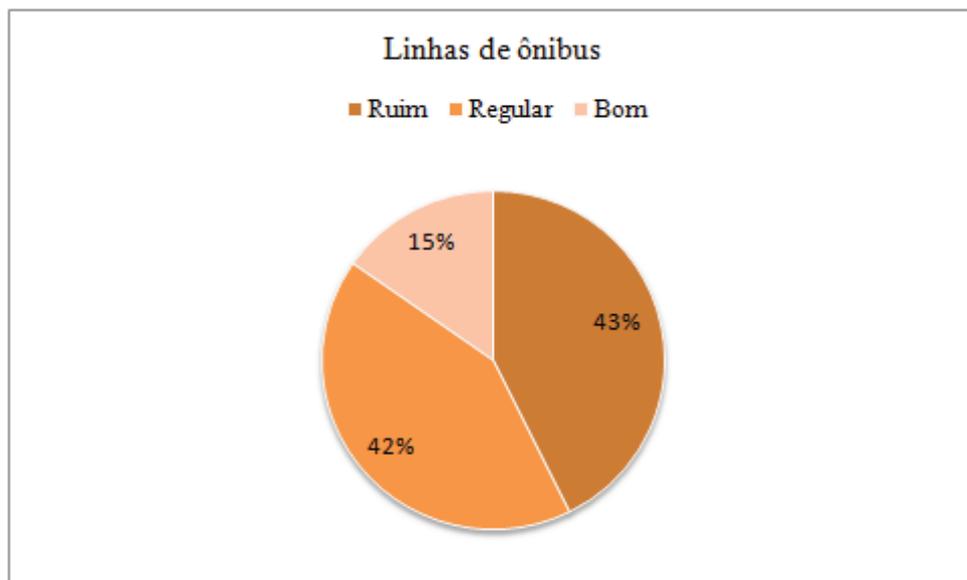
Tabela 10 – Índice da confiabilidade do tempo de viagem de algumas linhas de ônibus de Joinville.

Linhas de ônibus	Índice de Confiabilidade
1	0,58
2	0,59
102	24,66
103	24,76
261	72,17
326	2998,39

Fonte: Autora (2016).

A partir dos índices de confiabilidade e da Tabela 8, observou-se que, do total, 43% das linhas de ônibus tiveram um desempenho do tempo de viagem *ruim*, 42% tiveram um desempenho *regular* e, apenas 15%, um desempenho *bom* (Figura 20).

Figura 20 – Divisão das linhas de ônibus totais, em relação aos níveis de qualidade.

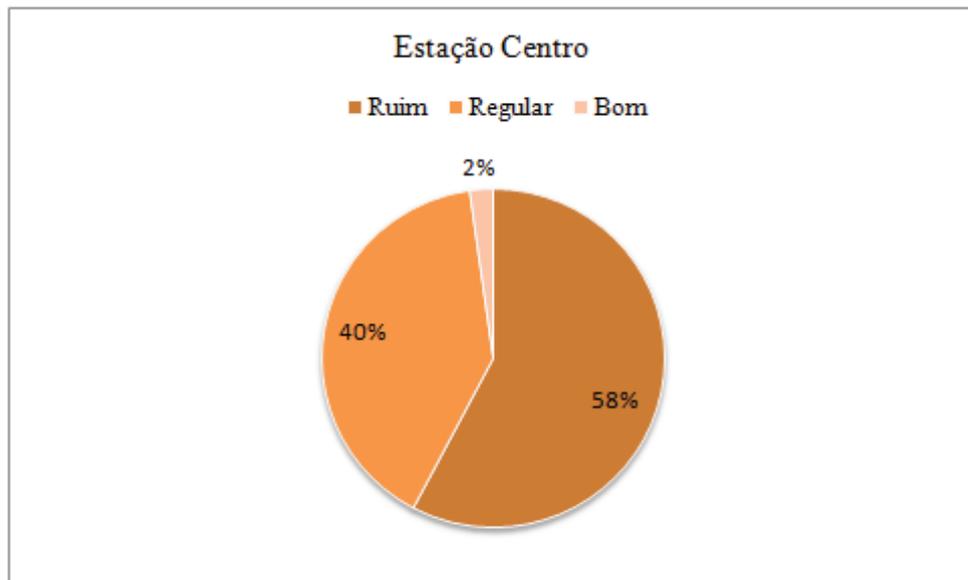


Fonte: Autora (2016).

As próximas análises estão relacionadas às estações de ônibus da cidade, ou seja, observou-se os níveis de qualidade das linhas de ônibus que pertencem a cada estação.

A Figura 21 mostra que, das 45 linhas de ônibus da estação Centro, consideradas neste trabalho, 58% foram caracterizadas como *ruim*, 40% como *regular*, e apenas 2% como *bom*.

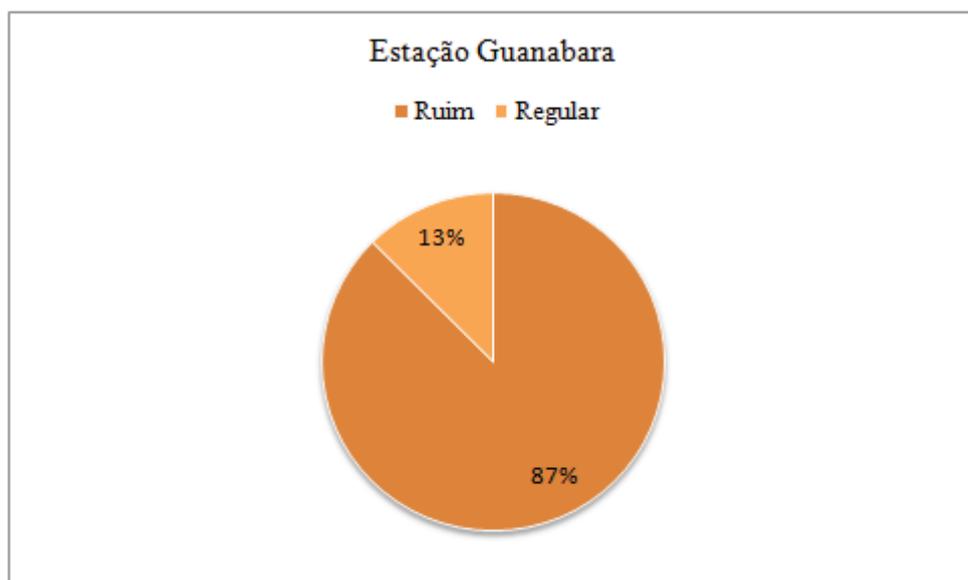
Figura 21 – Divisão das linhas de ônibus na estação Centro, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Guanabara, com 16 linhas de ônibus, apontou que o nível de confiabilidade do tempo de viagem *ruim* bastante elevado, 87%, e os outros 13% das linhas, como *regular*. Nessa estação não foram obtidos índices classificados como *bom*, conforme a Figura 22.

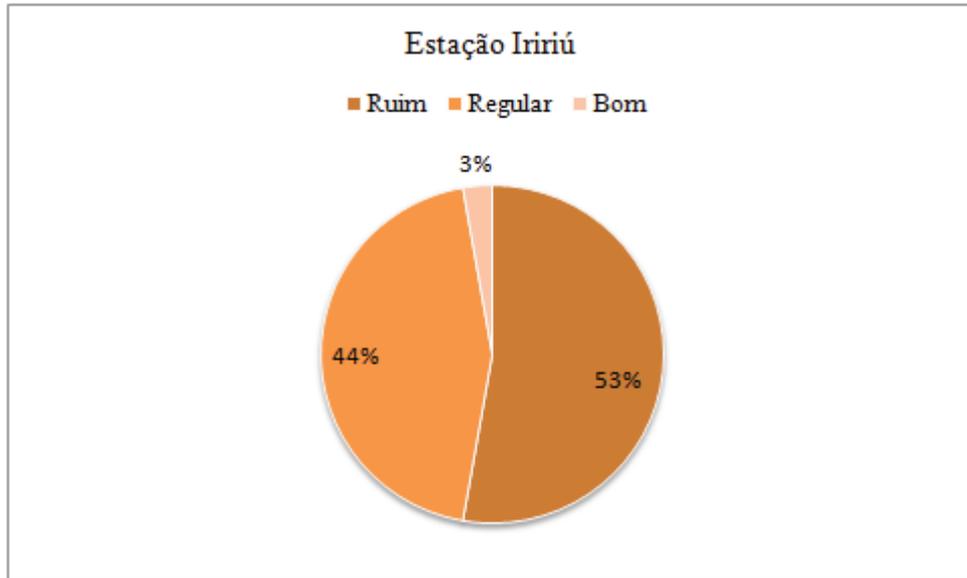
Figura 22 – Divisão das linhas de ônibus na estação Guanabara, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

Para a estação Iririú, a Figura 23 mostra que, das 36 linhas, 53% delas foram apontadas como *ruim*, 44% como *regular*, e somente 3% como *bom*.

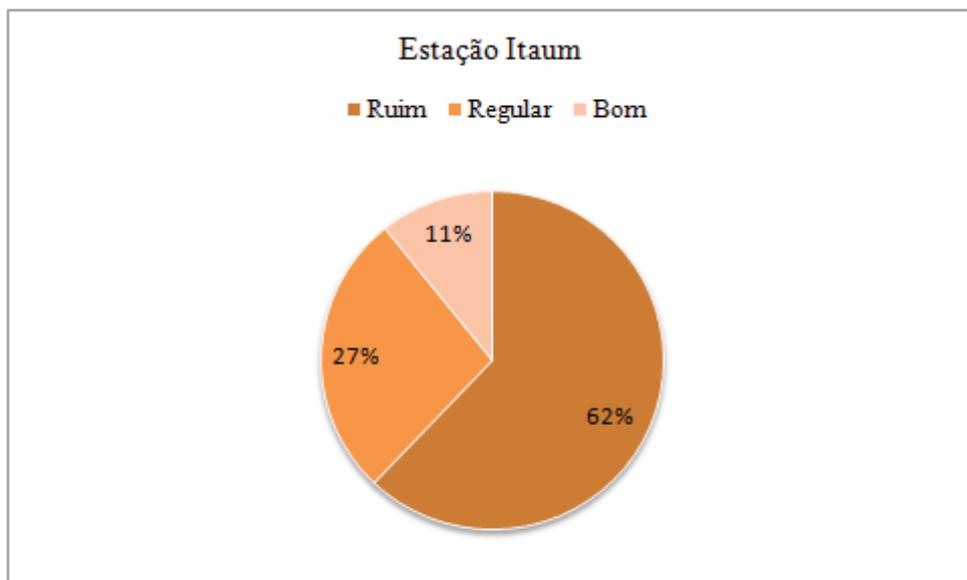
Figura 23 – Divisão das linhas de ônibus na estação Iririú, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Itaum, Figura 24, com 37 linhas, tem 62% delas classificadas como *ruim*, 27% como *regular* e 11% como *bom*.

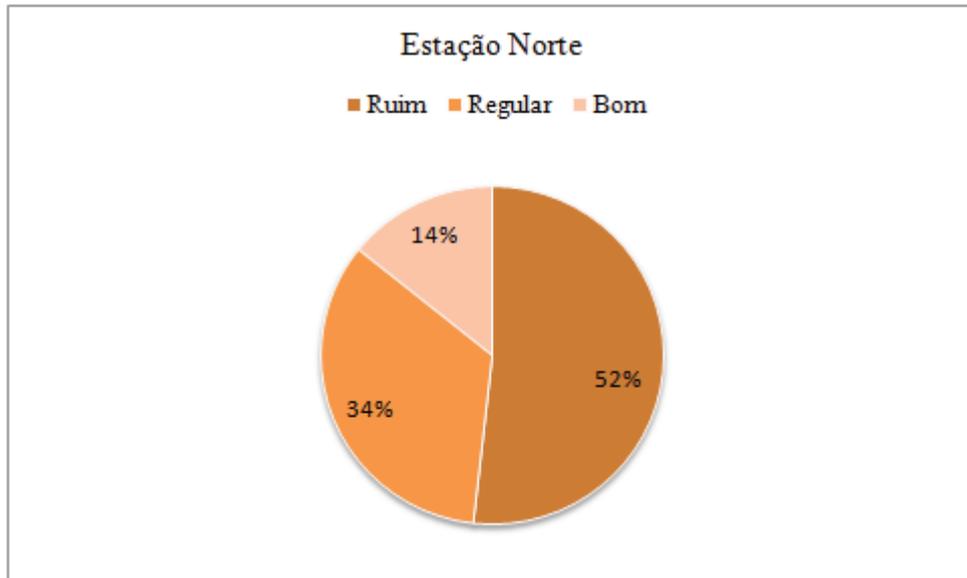
Figura 24 – Divisão das linhas de ônibus na estação Itaum, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Norte, das 56 linhas, 52% foram relacionadas ao nível de qualidade *ruim*, 34% ao nível *regular* e 14% ao nível *bom*.

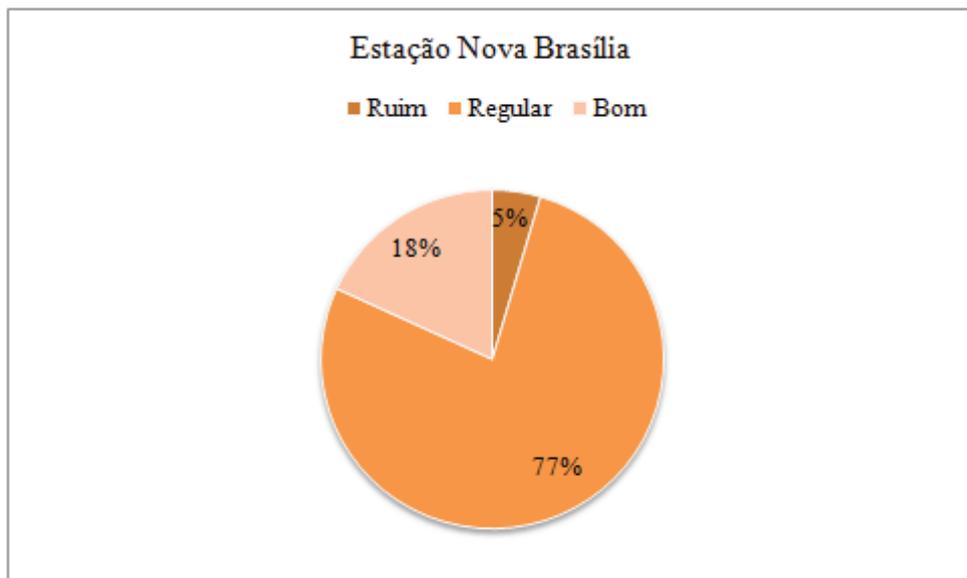
Figura 25 – Divisão das linhas de ônibus na estação Norte, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

Com 22 linhas de ônibus, a estação Nova Brasília possui um dos menores valores classificados como *ruim*, apenas 5%. A maioria de suas linhas caracterizam-se como *regular*, 77%. E 18%, *bom*, conforme resultados estão apresentados na Figura 26.

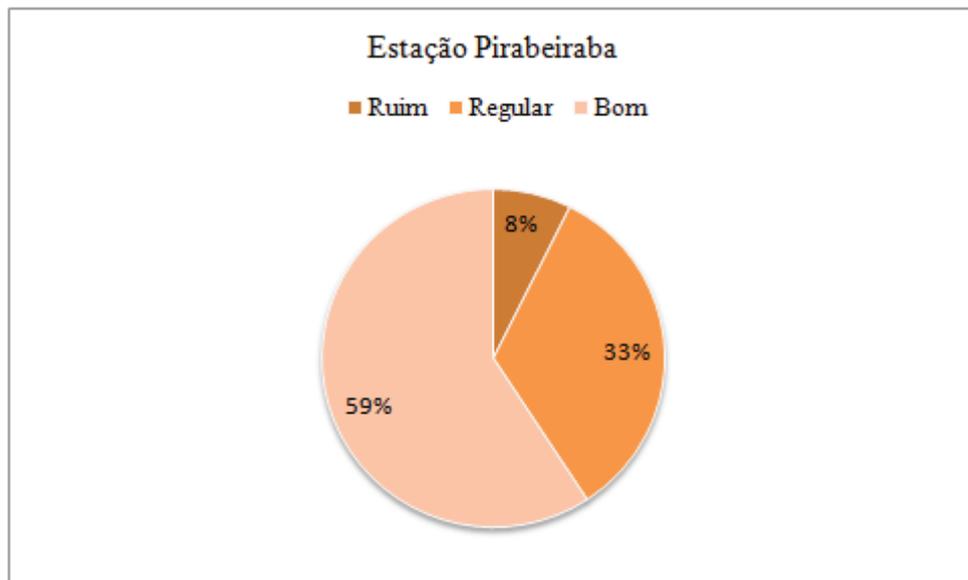
Figura 26 – Divisão das linhas de ônibus na estação Nova Brasília, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Pirabeiraba (Figura 27), com 27 linhas, também possui um índice baixo de nível de qualidade classificado como *ruim*, apenas 8%, 33% classificadas como *regular*, e 59% das linhas classificadas como *bom*.

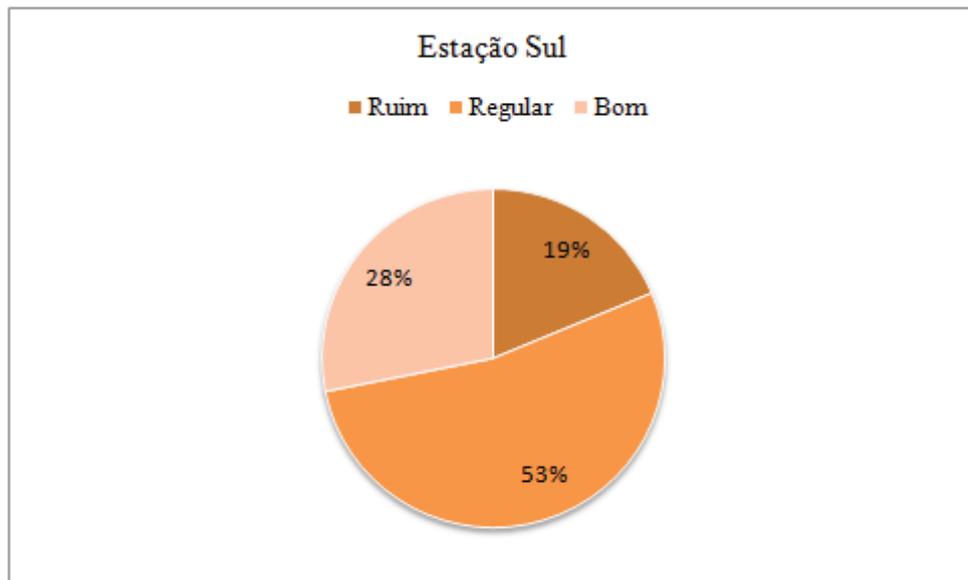
Figura 27 – Divisão das linhas de ônibus na estação Pirabeiraba, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Sul, com 32 linhas, possui 19% delas classificadas como *ruim*, 53% classificadas como *regular*, e, também com um número alto, 28% como *bom* conforme a Figura 28.

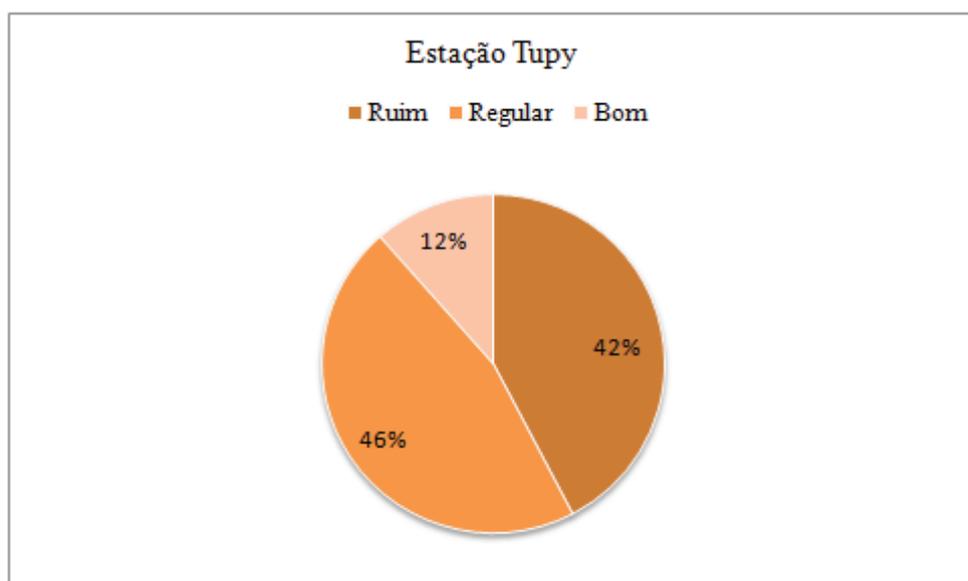
Figura 28 – Divisão das linhas de ônibus na estação Guanabara, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Tupy, com 26 linhas, das quais 42% foram classificadas como *ruim*, 46% como *regular* e 12% como *bom*, como mostra a Figura 29.

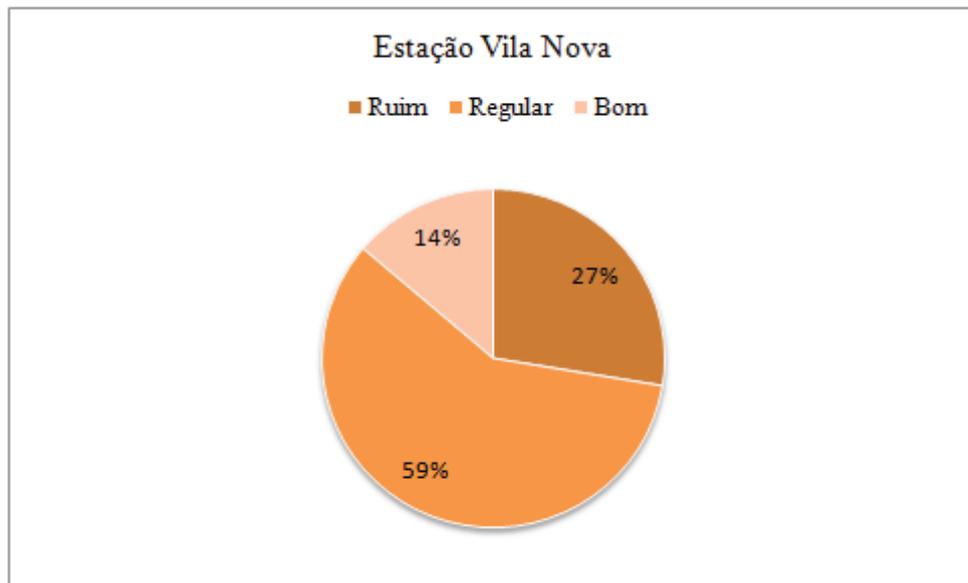
Figura 29 – Divisão das linhas de ônibus na estação Tupy, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

A estação Vila Nova (Figura 30), das 29 linhas, 27% foram caracterizadas como *ruim*, 59% como *regular* e 14% como *bom*.

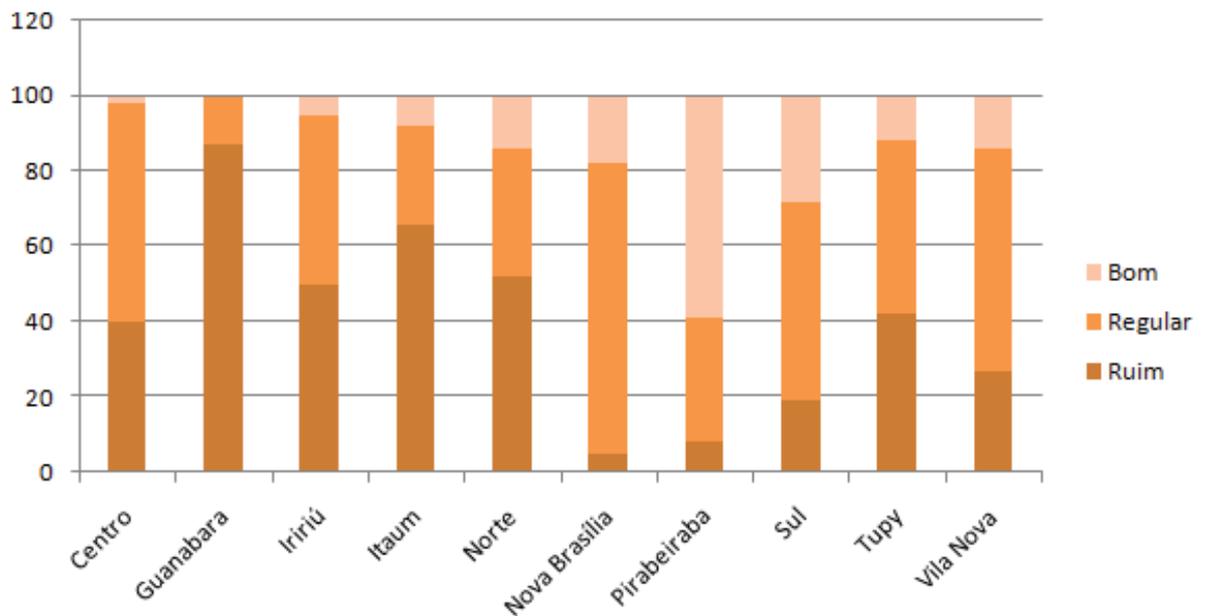
Figura 30 – Divisão das linhas de ônibus na estação Vila Nova, em relação aos níveis de qualidade.



Fonte: Autora (2016).

Por fim, os resultados comparativos entre cada estação é ilustrado na Figura 31.

Figura 31 – Resultado comparativo entre os níveis de qualidade das estações.



Fonte: Autora (2016).

4.4.1 Discussão

Pela comparação das estações apresentadas anteriormente, notou-se que a estação Guanabara, seguida da estação Itaum, possuem as maiores porcentagens de linhas classificadas como *ruim*. Já a estação Nova Brasília, possui o maior índice de linhas como *regular*. A estação Pirabeiraba mostrou os resultados mais satisfatórios em relação aos índices de confiabilidade do tempo de viagem, com 16, das 27 linhas, inseridas no nível de qualidade *bom*.

Salienta-se que os resultados descritos nesse capítulo são somente relevantes para o modelo construído na simulação, o qual não retrata a operação real do sistema, tendo em vista que o modelo foi construído com base em uma população sintética, por não ter sido totalmente calibrado e por não representar outros fatores, como os citados nas limitações do modelo (Seção 4.6).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como principal foco a obtenção de índices de confiabilidade das linhas de ônibus de Joinville, através de cálculos apresentados com os resultados da simulação, conforme proposto no capítulo introdutório. Para atingir o objetivo foi necessário um extenso estudo que envolveu conhecimentos das áreas de transporte coletivo, planejamento de transporte, simulação de tráfego e análises estatísticas.

A partir de um modelo já existente para a cidade de Joinville, pôde-se incluir características de tráfego do transporte coletivo dentro da área de estudo desejada. Além dos dados provenientes do modelo de simulação anterior, foi necessária a coleta de dados de entrada, referentes à localização dos pontos de paradas de ônibus, das linhas e horários dos ônibus e a rota de cada uma. Esses dados foram coletados juntamente às empresas responsáveis pelo transporte coletivo da cidade. Os dados relacionados ao transporte coletivo necessitaram de tratamento antes de serem adicionados ao modelo computacional.

O modelo proposto foi simulado com o uso do *software* MATSim. Após a coleta dos dados de saída do simulador, denominados *eventos*, a visualização pôde ser realizada com o uso de uma ferramenta externa do MATSim (Via). A partir dos tempos de viagens, resultantes da simulação, foi possível chegar na etapa principal do trabalho, em que realizou-se o cálculo dos índices da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus. Esses índices foram classificados em níveis de qualidade: ruim, regular e bom.

Após a realização dos cálculos, as linhas de ônibus foram divididas por estação, e pode-se verificar o quanto uma estação possui de linhas classificadas conforme os níveis adotados. Como resultado, obteve-se que a estação Guanabara e a estação Itaum possuem as maiores porcentagens de linhas classificadas como *ruim*. A estação Pirabeiraba foi a que teve o maior número de linhas classificadas como *bom*.

Este trabalho pode contribuir para o planejamento urbano de uma cidade, modelando e simulando o tráfego dos veículos e, a partir de índices de confiabilidade, verificar a qualidade do transporte coletivo da cidade, ajudando o tomador de decisão a escolher as melhores alternativas para um adequado planejamento de transportes.

5.1 Recomendações a estudos futuros

Como recomendações para trabalhos futuros, há primeiramente a validação da população. Outra opção é de explorar o valor dos eventos resultantes, a partir de diferentes análises agregadas, para o planejamento de transportes. Uma oportunidade também consiste na construção de uma interface para o uso do modelo por usuários finais. Outra opção é analisar outros indicadores para o transporte coletivo, como o tempo de viagem de carro e ônibus para um mesmo trajeto, por exemplo.

REFERÊNCIAS

AFTABUZZAMAN, M.; CURRIE, G.; SARVI, M. Modeling the spatial impacts of public transport on traffic congestion relief in Melbourne, Australia. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Washington, n. 2144, p. 1-10, 2010.

Aimsum [Online]. 2016. Disponível em: <<http://aimsum.com>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ALLEN, William G., GRIMM, Lewis G. **Development and application of performance measures for a medium - sized transit system.** *Transportation Research Record*, n.746, p. 8 - 13, 1980.

ARAÚJO, M. R. M. et al. Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. **Psicologia & Sociedade**. v. 23, n. 2, p. 574-582, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). 2004. **Transporte humano - cidades com qualidade de vida.** Associação Nacional de Transportes Públicos. Disponível em: <<https://www.antp.org.br>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

BALMER, M. **Travel Demand Modeling for Multi-agent Transport Simulations: Algorithms and Systems.** 2007. 174 p. Tese (Doutorado) — Swiss Federal Institute of Technology of Zurich -ETHZ, Zürich, 2007.

BALMER, M. et al. 2009. **Location choice modeling for shopping and leisure activities with MATSim:** Combining micro-simulation and time geography, *Transportation Research Record*, 2135, 87-9.

BERTINI, R. L. You are the traffic jam: an examination of congestion measures. In: 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C. **Proceedings...** 2006.

BICUDO, D. G. **Aplicação do simulador de tráfego MATSim à Cidade de Joinville/SC.** 2015. 129 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Santa Catarina, 2015.

Black, J. 1981. **Urban transport planning:** Theory and Practice. Croom Helm Ltd, London.

CAMPOS, V. B. G.; RAMOS, R. A. R. Proposta de indicadores de mobilidade urbana sustentável relacionando transporte e uso do solo. **Pluris**, São Paulo, 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SANTA CATARINA (DETRANS). 2016. Disponível em: <<http://www.detran.sc.gov.br>>.

DIAKAKI, C. et al. 2015. **State-of-artand –practice review of public transport priority strategies**. IET Intelligent Transportation Systems, vol. 9, p 391-406, 2015.

DOWNS, A. Why traffic congestion is here to stay... and will get worse. **Access**, n. 25, p. 19-25, 2004.

ECCEL, R. A. L. **Prioridade semafórica para transporte coletivo por ônibus: simulação dos corredores centro-norte da cidade de Joinville**. 2015. 119 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Santa Catarina, 2015.

FARINHA, P. M. L. **Modelos de Simulação em MATSim aplicados à análise de Sistemas de Transportes**. 2013. 179 p. Dissertação (Mestrado) — Instituto Superior de Engenharia de Lisboa,Lisboa, 2013.

FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte público urbano**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Traffic Analysis Toolbox, Volume I: Traffic Analysis Tools Primer**, Washington D.C, 2004a.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Traffic Analysis Toolbox, Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software**, Washington D.C, 2004b.

FREITAS, P. V. N. et al. A confiabilidade do transporte público por ônibus em João Pessoa (PB). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, João Pessoa, v. 3, n. 21, p.48-64, 2015.

GIDION (Joinville). Gidion Transporte e Turismo Ltda. **Horários e Itinerários**. Disponível em: <<http://www.gidion.com.br/horarios-e-itinerarios/>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

GOMES, M. L.; MARCELINO, M. M.; ESPADA, M. G. Proposta para um Sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável. Portugal: **Direção Geral do Ambiente**. 2000. Disponível em: <www.apambiente.pt/_zdata/Divulgacao/Publicacoes/SIDS/SIDSPortugal_Proposta2000.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2016.

GOOGLE MAPS. [Google Street View]. [2016]. Nota (visualização de Joinville/SC). Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 05 nov 2016.

HALLMANN, H. V. **Comparação entre softwares simuladores de trânsito**. 2011. 104 p. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=420910&search=santa-catarina%20joinville>>. Acesso em: 05 maio 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE (IPPUJ). **Plano de Mobilidade e Acessibilidade de Joinville**: diagnóstico. Joinville: Prefeitura Municipal, 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE JOINVILLE (IPPUJ). **Joinville**, cidade em dados 2015. Joinville, 2016.

KNEIB, E. C. **Subcentros urbanos**: contribuição conceitual e metodológica à sua definição e identificação para o planejamento de transportes. 2008. 207 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Transportes, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 2008.

KOEHLER, L. A. **Controle integrado de prioridade e retenção para operação de sistemas de transporte público**. 2012. 148 p. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LIMA, E. B. **Modelos microscópicos para simulação do tráfego baseados em autômatos celulares**. 2007. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2007.

LIMA JR., O. F. (1995) **Qualidade em serviços de transportes**: conceituação e procedimentos para diagnóstico. São Paulo, Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 215 p.

LIU, R.; SINHA, S.. **Modelling urban bus service and passenger reliability**. In: International Symposium on Transportation Network Reliability, Países Baixos, Jul, 2007. Disponível em: <<http://www.its.leeds.ac.uk/software/dracula/downloads/Paper2-INSTR2007-Microsimulation-BusReliability-Liu.pdf>> Acesso em: 30 set. 2016.

LOPENSINO, J. J. **Uma nova concepção de veículo de transporte urbano de passageiros.** 2002. 158 p. Tese (Doutorado) – Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MACIEJEWSKI, M. L.; NAGEL, K. **Simulation and dynamic optimization of taxi services in MATSim.** *Transportation Science, Berlin, Germany*, p.01-34, jun. 2013. Disponível em: <https://svn.vsp.tu-berlin.de/repos/public-svn/publications/vspwp/2013/13-05/2013-06-03_Maciejewski_Nagel.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2016.

MATSim [Online]. 2016. Disponível em: <<http://matsim.org/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

MOREIRA, Rodolpho Barbosa. **Uma contribuição para avaliação do modelo “Corsim” em simulação do tráfego urbano no Rio de Janeiro.** 2005. 152 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NAZARETH, V. S.; SOUZA, L. A. P. de; RIBEIRO, P. C. M. 2015. **Análise comparativa entre simuladores de fluxo de tráfego.** In: XIII RIO DE TRANSPORTES. 19 e 20 agosto. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/artigo18.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ORTÚZAR, J. de D.; WILLUMSEN, L. **Modelling Transport.** 4th. ed. [S.l.]: Wiley, 2011.

POLUS, A. **Modeling and measurements of bus service reliability.** *Transport Research.* Vol. 12, 253-256, 1978.

PORTUGAL, L. S. 2005. **Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, vol. 1, 2005.

RADOMYSLER, Guilherme Nudel. **A qualidade no sistema de transporte coletivo urbano rodoviário: o caso de São Paulo.** 2015. 143 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2016/02/TF-Guilherme-Nudel-Radomysler.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016.

RATROUT, N. T.; RAHMAN, S. M. A comparative analysis of currently used microscopic and macroscopic traffic simulation software. **The Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 34, n. 1B, p. 121-133, 2009.

RANEY, B. K.; NAGEL, K. **An improved framework for large-scale multi-agent simulations of travel behaviour.** In: RIETVELD, P.; JOURQUIN, B.; WESTIN, K. (Ed.).

Towards better performing European Transportation Systems. London: Routledge, 2006. p. 305–347.

RESENDE, P. T. V.; SOUSA, P. R. **Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: um estudo sobre os impactos do congestionamento.** In: SIMPOI - SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV, 2009.

RIESER, M. et al. **MATSim User Guide.** 0.6.1. ed. [S.l.], 2014.

RIESER, M. **Adding Transit to an Agent-based Transportation Simulation: Concepts and Implementation.** Tese (Doutorado) — Technische Universität Berlin, Berlin, 2016.

RODRIGUES, M. O. **Avaliação da qualidade do transporte coletivo da cidade de São Carlos.** 2006. 88 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2006.

RODRIGUES, M. A.; SORRATINI, J. A. 2008. A qualidade no transporte coletivo urbano. **Anpet.** Uberlândia, Minas Gerais. 2008.

SHIRAN, S. J. **A system dynamics analysis of policies to relieve an urban traffic congestion problem.** 2014. 101 p. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Rmit University, Melbourne, Austrália, 2014.

SENOZON AG. **Via. 1.5.** ed. Zürich, 2016. Disponível em: <<http://via.senozon.com/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

SILVA, G. R. L. **Sistema multi-agente para simulação da dinâmica de estacionamentos (SMSDES).** 2011. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011.

SILVA, T. C. C. **A confiabilidade do transporte coletivo urbano em corredores estruturais de ônibus.** Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Dissertação de mestrado). 2010.

SLACK, B. 2014. **Transport planning** [Online]. Disponível em: <<https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch9en/conc9en/ch9c3en.html>>. Acesso em: 03 maio. 2016.

SOUZA, H. H. H. **Avaliação do desempenho de sistemas de transporte público urbano sob a ótica da eficácia.** Dissertação de mestrado, IME, Rio de Janeiro, 2001.

STERMAN, B.P.; SCHOFER, J. L. 1976. Factors affecting reliability of Urban bus Services. **Transport Engineering Journal**. 147-159 p. 1976.

Trafficware [Online]. 2016. Disponível em: <<https://trafficware.com>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

TRANSTUSA (Joinville). Transportes e Turismo Santo Antônio. **Horários e Itinerários**. 2016. Disponível em: <<http://www.transtusa.com.br/horarios-itinerarios/>>. Acesso em: 03 mar. 2016.

VASCONCELLOS, E. A. de. 2000. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. São Paulo, Annablume. 2000.

VASCONCELLOS, E. A. de. **Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos**. São Paulo: Annablume, 2006.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **eXtensible Markup Language (XML)**. [S.l.], 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

APÊNDICE A - Síntese do algoritmo de programação para selecionar a população desejada.

Figura 32 – Síntese do algoritmo de programação para selecionar a população desejada.

```

if (self.routineList[i][6]) == "Automovel" or (self.routineList[i][6]) == "Caminhao"
or (self.routineList[i][6]) == "Taxi":
mode = "car"
# First activity in the routine (home).
if i == 0:
activityHome1 = idA + "\t" + "home" + "\t" + str(self.routineList[i][4]) + "\t" + "-1" + "\n"
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activityHome1.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# For the case where the routine has only two activities.
if i == (len(self.routineList)-2):
activityHome2 = idA + "\t" + "home" + "\t" + "-1" + "\t" + mode + "\n"
f.write(activityHome2.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# Last activity in the routine (home).
elif i == (len(self.routineList)-2):
activityHome2 = idA + "\t" + "home" + "\t" + "-1" + "\t" + mode + "\n"
# same mode as last activity
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
f.write(activityHome2.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# Other activities.
else:
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
elif (self.routineList[i][6]) == "onibus municipal":
mode = "bus"
if i == 0:
activityHome1 = idA + "\t" + "home" + "\t" + str(self.routineList[i][4]) + "\t" + "-1" + "\n"
#home to stop_facility
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activityHome1.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# For the case where the routine has only two activities.
if i == (len(self.routineList)-2):
activityHome2 = idA + "\t" + "home" + "\t" + "-1" + "\t" + mode + "\n"
f.write(activityHome2.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# Last activity in the routine (home).
elif i == (len(self.routineList)-2):
activityHome2 = idA + "\t" + "home" + "\t" + "-1" + "\t" + mode + "\n"
# same mode as last activity
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
f.write(activityHome2.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))
# Other activities.
else:
activity = idA + "\t" + activityType + "\t" + activityDuration + "\t" + mode + "\n"
f.write(activity.encode(encoding='utf_8', errors='strict'))

```

Fonte: adaptado de BICUDO (2015).

APÊNDICE B – Síntese do algoritmo de programação para converter sistemas de coordenadas.

Figura 33 – Síntese do algoritmo de programação para converter sistemas de coordenadas.

```
public static void main(String[] args) {
    try {
        // create reference system WGS84 Web Mercator
        CoordinateReferenceSystem epsg = CRS.decode("EPSG:31982", true);
        // create reference system WGS84
        CoordinateReferenceSystem wgs84 = CRS.decode("EPSG:4326", true);
        // Create transformation from WS84 Web Mercator to WGS84
        MathTransform epsgToWgs84 = CRS.findMathTransform(wgs84, epsg);
        GeometryFactory jtsGf = JTSFactoryFinder.getGeometryFactory();
        Coordinate[] coordinates = new Coordinate[] {
            for (Coordinate coord : coordinates) {
                //Geometry pointInWgs84 = jtsGf.createPoint(new Coordinate(-48.8586027, -26.2940452));
                Geometry pointInWgs84 = jtsGf.createPoint(coord);
                // transform point from WGS84 Web Mercator to WGS84
                Geometry pointInepsg = JTS.transform(pointInWgs84, epsgToWgs84);
                System.out.println(pointInepsg.getCoordinate().x+", "+pointInepsg.getCoordinate().y);
            }
        } catch (NoSuchAuthorityCodeException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (FactoryException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (MismatchedDimensionException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (TransformException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
}
```

Fonte: Autora (2016).

APÊNDICE C - Exemplo de caracterização de rotas e linhas

Figura 34 – Exemplo de caracterização de rotas e linhas

```

<transitSchedule>
  <transitStops>
    <stopFacility id="2600" x="714776.6691" y="7084191.148" linkRefId="28478" name="Terminal Sul - Plataforma 3"
      isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="2197" x="714818.6426" y="7083451.587" linkRefId="pt_134" name="R. Santa Catarina 3240 - Floresta"
      isBlocking="false"/>
    <stopFacility id="2225" x="714645.7014" y="7083364.495" linkRefId="pt_1408" name="Rua Francisco Bernardo Boettcher 297 -
      Santa Catarina" isBlocking="false"/>
    <stopFacility id="2112" x="715278.9549" y="7082605.093" linkRefId="12356" name="Rua Waldemiro José Borges 557 -
      Santa Catarina" isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="435" x="715267.7833" y="7082426.246" linkRefId="1025" name="R. Lourenço Manoel Tavares 132 -
      Profipo" isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="433" x="715261.2543" y="7082119.685" linkRefId="21043" name="R. Cidade de Sumidouro 245 - Profipo"
      isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="2523" x="715202.7861" y="7081816.073" linkRefId="27702" name="R. Cidade de Pilar 157 - Profipo" isBlocking="true"
    <stopFacility id="2184" x="714800.5" y="7081648.909" linkRefId="12734" name="R. Portugal 105 - Santa Catarina" isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="2182" x="714582.0966" y="7081640.141" linkRefId="21180" name="R. Portugal 314 - Santa Catarina" isBlocking="true"
    <stopFacility id="2180" x="714292.4604" y="7081589.743" linkRefId="26373" name="R. Portugal 631 - Santa Catarina" isBlocking="true"
    <stopFacility id="2179" x="713939.2704" y="7081435.824" linkRefId="17905" name="R. Portugal 7653 - Santa Catarina" isBlocking="true"
    <stopFacility id="2239" x="713676.346" y="7082404.403" linkRefId="pt_519" name="Rod. Gov. Mário Covas 1518 - Santa Catarina"
      isBlocking="false"/>
    <stopFacility id="2216" x="714083.396" y="7083935.246" linkRefId="7416" name="R. Augusto Ernesto Baetch 753 - Santa Catarina"
      isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="2202" x="714391.7575" y="7083944.604" linkRefId="pt_522" name="R. Pôrto Rico 453 - Floresta" isBlocking="true"/>
    <stopFacility id="2217" x="714485.4874" y="7084164.479" linkRefId="14488" name="R. Pedro W Alguini 297 - Floresta" isBlocking="true"
    <stopFacility id="2600" x="714776.6691" y="7084191.148" linkRefId="28478" name="Terminal Sul - Plat
  </transitStops>
</transitSchedule>
<transitLine>
  <transitLine id=" ruaportugal_sul">
    <transitRoute id=" ruaportugal_sul_0">
      <transportMode>bus</transportMode>
      <routeProfile>
        <stop refId="2600" arrivalOffset="00:00:00" departureOffset="00:00:00" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2197" arrivalOffset="00:00:00" departureOffset="00:00:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2226" arrivalOffset="00:01:00" departureOffset="00:01:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2112" arrivalOffset="00:02:00" departureOffset="00:02:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="435" arrivalOffset="00:03:00" departureOffset="00:03:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="433" arrivalOffset="00:04:00" departureOffset="00:04:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2523" arrivalOffset="00:05:00" departureOffset="00:05:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2184" arrivalOffset="00:06:00" departureOffset="00:06:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2182" arrivalOffset="00:07:00" departureOffset="00:07:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2180" arrivalOffset="00:08:00" departureOffset="00:08:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2179" arrivalOffset="00:09:00" departureOffset="00:09:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2239" arrivalOffset="00:10:00" departureOffset="00:10:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2216" arrivalOffset="00:11:00" departureOffset="00:11:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2202" arrivalOffset="00:12:00" departureOffset="00:12:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2217" arrivalOffset="00:13:00" departureOffset="00:13:30" awaitDeparture="false"/>
        <stop refId="2600" arrivalOffset="00:14:00" departureOffset="00:14:30" awaitDeparture="
      </routeProfile>
      <route>
        <link refId="28478"/>
        <link refId="pt_135"/>
        <link refId="pt_134"/>
        <link refId="pt_136"/>
        <link refId="19812"/>
        <link refId="24537"/>
        <link refId="12356"/>
        <link refId="13665"/>
        <link refId="1025"/>
        <link refId="13665"/>
        <link refId="1027"/>
        <link refId="20977"/>
        <link refId="24580"/>
        <link refId="29319"/>
      </route>
      <departures>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_0_0001" departureTime="04:19:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_0_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_10_0001" departureTime="15:52:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_10_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_11_0001" departureTime="16:48:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_11_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_11_0001" departureTime="16:48:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_11_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_12_0001" departureTime="19:17:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_12_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_1_0001" departureTime="05:18:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_1_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_2_0001" departureTime="05:48:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_2_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_3_0001" departureTime="06:34:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_3_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_4_0001" departureTime="07:44:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_4_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_5_0001" departureTime="10:07:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_5_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_6_0001" departureTime="11:03:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_6_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_7_0001" departureTime="11:59:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_7_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_8_0001" departureTime="13:32:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_8_0001"/>
        <departure id=" ruaportugal_sul_ ruaportugal_sul_9_0001" departureTime="14:55:30" vehicleRefId="BUS_ ruaportugal_
          sul_ ruaportugal_sul_9_0001"/>
      </departures>
    </transitRoute>
  </transitLine>
</transitSchedule>

```

Fonte: Autora.

APÊNDICE D - Índice da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus de Joinville.

Tabela 11 – Índice da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus de Joinville.

Linha	Índice	Linha	Índice	Linha	Índice	Linha	Índice
1	0,58	46	13,65	91	23,58	136	29,84
2	0,59	47	13,71	92	23,58	137	29,85
3	0,59	48	13,74	93	23,65	138	29,87
4	0,71	49	14,20	94	23,66	139	29,90
5	0,97	50	14,39	95	23,70	140	30,64
6	1,13	51	14,57	96	23,85	141	30,88
7	1,34	52	14,59	97	24,09	142	31,36
8	1,45	53	14,84	98	24,11	143	31,52
9	1,47	54	15,53	99	24,16	144	31,62
10	1,51	55	16,14	100	24,38	145	31,76
11	1,55	56	16,19	101	24,59	146	31,76
12	2,10	57	16,35	102	24,66	147	31,95
13	3,16	58	16,97	103	24,76	148	32,28
14	3,30	59	17,36	104	24,79	149	32,40
15	3,34	60	17,64	105	24,89	150	32,60
16	3,43	61	17,76	106	25,04	151	32,82
17	3,98	62	17,83	107	25,08	152	32,89
18	4,52	63	18,12	108	25,77	153	32,99
19	5,12	64	18,31	109	25,84	154	33,20
20	5,24	65	18,65	110	25,88	155	33,20
21	5,38	66	18,66	111	26,00	156	33,89
22	6,01	67	19,07	112	26,02	157	34,01
23	6,44	68	19,30	113	26,14	158	34,13
24	6,45	69	19,46	114	26,27	159	34,16
25	6,80	70	19,63	115	26,48	160	34,18
26	7,20	71	19,69	116	26,50	161	34,40
27	7,92	72	19,74	117	26,59	162	34,77
28	8,13	73	20,44	118	26,63	163	34,78
29	8,19	74	20,46	119	26,66	164	34,86
30	8,75	75	20,48	120	26,76	165	34,86
31	8,77	76	20,63	121	26,77	166	34,87
32	9,05	77	20,76	122	26,97	167	34,93
33	9,17	78	21,06	123	26,98	168	35,04
34	9,24	79	21,29	124	27,04	169	35,41
35	9,70	80	21,34	125	27,05	170	35,62
36	9,82	81	21,37	126	27,66	171	35,73
37	9,89	82	21,99	127	27,81	172	36,02
38	10,73	83	22,25	128	28,09	173	36,37
39	10,75	84	22,39	129	28,36	174	37,38
40	11,61	85	22,55	130	28,46	175	38,11
41	11,93	86	22,60	131	28,66	176	38,31
42	12,52	87	22,77	132	29,10	177	38,72
43	12,97	88	23,30	133	29,11	178	38,81
44	13,11	89	23,55	134	29,37	179	38,98
45	13,25	90	23,57	135	29,5	180	39,21

Continua na próxima página.

Tabela 11: Índice da confiabilidade do tempo de viagem das linhas de ônibus de Joinville (continuação).

Linha	Índice	Linha	Índice	Linha	Índice	Linha	Índice
181	39,26	218	50,47	255	67,84	292	127,82
182	39,74	219	50,53	256	69,02	293	129,20
183	39,77	220	51,13	257	69,84	294	130,00
184	39,86	221	51,34	258	70,29	295	135,47
185	40,04	222	51,50	259	71,15	296	144,49
186	40,25	223	51,58	260	72,07	297	146,19
187	40,75	224	51,98	261	72,17	298	149,47
188	41,06	225	52,41	262	72,40	299	151,32
189	41,06	226	52,84	263	72,79	300	154,48
190	41,10	227	54,23	264	73,06	301	155,80
191	41,10	228	54,87	265	73,48	302	157,98
192	41,17	229	54,89	266	74,29	303	167,12
193	41,25	230	55,58	267	75,20	304	179,13
194	42,40	231	55,61	268	76,43	305	184,44
195	42,41	232	56,07	269	79,36	306	187,98
196	42,48	233	56,43	270	79,54	307	191,28
197	42,81	234	56,50	271	81,38	308	194,24
198	43,48	235	56,84	272	83,93	309	206,90
199	43,75	236	56,84	273	84,99	310	217,56
200	44,33	237	58,50	274	88,50	311	234,22
201	44,37	238	58,55	275	88,87	312	243,01
202	44,97	239	60,73	276	89,21	313	288,85
203	45,08	240	61,41	277	93,54	314	415,40
204	46,43	241	61,78	278	93,87	315	428,51
205	46,53	242	61,79	279	94,30	316	445,14
206	46,70	243	61,91	280	95,95	317	482,22
207	46,95	244	62,02	281	98,75	318	513,22
208	47,42	245	63,08	282	99,72	319	548,13
209	48,04	246	63,10	283	101,28	320	578,17
210	48,18	247	63,44	284	101,74	321	748,83
211	48,23	248	63,99	285	101,88	322	1098,99
212	48,77	249	65,39	286	109,88	323	1758,57
213	48,90	250	66,12	287	115,87	324	2033,50
214	49,07	251	66,38	288	118,69	325	2137,58
215	49,16	252	66,39	289	123,51	326	2998,39
216	49,32	253	66,40	290	124,53		
217	50,47	254	66,60	291	125,17		

Fonte: Autora (2016).