

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

HENRIQUE TRAESEL ENGELMANN

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE PARADA EM SEMÁFOROS
NO TEMPO TOTAL DE PERCURSO DOS ÔNIBUS DA LINHA
EXPRESSO BIARTICULADO CENTENÁRIO – CAMPO COMPRIDO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

HENRIQUE TRAESEL ENGELMANN

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE PARADA EM SEMÁFOROS
NO TEMPO TOTAL DE PERCURSO DOS ÔNIBUS DA LINHA
EXPRESSO BIARTICULADO CENTENÁRIO – CAMPO COMPRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof^a. Janine Nicolosi

Corrêa, Dr^a.

CURITIBA

2014

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE PARADA EM SEMÁFOROS NO TEMPO TOTAL DE PERCURSO DOS ÔNIBUS DA LINHA EXPRESSO BIARTICULADO CENTENÁRIO – CAMPO COMPRIDO

Por

HENRIQUE TRAESEL ENGELMANN

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 27 de agosto de 2014, pela seguinte banca de avaliação:

Profa. Orientadora – Janine Nicolosi Correa, Dra.
UTFPR

Prof. Fernando Guajara Greenberg, Dr.
UTFPR

Profa. Tatiana Maria Cecy Gadda, Dr.
UTFPR

Prof. Wellington Mazer, Dr.
UTFPR

RESUMO

ENGELMANN, Henrique Traesel. Análise da influência do tempo de parada dos ônibus em semáforos da linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

O objetivo deste trabalho foi analisar a influência do tempo de parada em semáforos no tempo total de percurso dos ônibus da linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido. Visto que a Cidade de Curitiba possui um sistema conhecido como BRT, de canaletas exclusivas para ônibus que, todavia, não conseguem fazer livremente a utilização destas vias devido aos semáforos existentes nas mesmas. Este estudo analisou a viabilidade da introdução de um sistema que possa identificar a aproximação dos ônibus e, como consequência, liberar a passagem dos mesmos sem que ocorra a desnecessária perda de tempo em semáforos. Os resultados das análises mostraram que, para o trecho estudado, pode-se afirmar com mais de 99% de certeza, que a substituição dos semáforos convencionais por algum tipo de sistema que dê a preferência para os ônibus, irá diminuir significativamente o tempo de percurso total dos ônibus.

Palavras-chave: Planejamento urbano. Curitiba. Transporte coletivo. Sistema BRT.

ABSTRACT

ENGELMANN, Henrique Traesel. Análise da influência do tempo de parada dos ônibus em semáforos da linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

The following essay strives to analyze the traffic lights influence on the total travel time of buses of the express line Centenário – Campo Comprido. Since the City of Curitiba has a system known as BRT, dedicated lane for buses, however, cannot freely make use of these facilities due to existing traffic lights on them. Thereby this essay analyzed the feasibility of introducing a system that can identify the approaching buses and as a result, release the way to them without unnecessary waste time. The results of the analysis showed that, for the studied stretch, it can be stated with 99% certainty that the replacement of conventional lights for some kind of system that gives right of way to buses, will decrease significantly the total travel time of buses.

Keywords: Urban planning. Curitiba. Mass transit. BRT system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Biarticulado parado	12
Figura 2 – Composição da frota, tipo de Linha / Veículo, capacidade, frota operante e nº de Linhas.....	20
Figura 3 – Mapa da RIT e RMC (expresso biarticulado)	21
Figura 4 – Mapa da RIT e RMC (linhas Diretas)	22
Figura 5 – Eixo Leste – Oeste	25
Figura 6 – Itinerário Linha Centenário – Campo Comprido.....	26
Figura 7 – Gráfico de eixos para uma incerteza-padrão	46
Figura 8 – Gráfico de eixos para duas incertezas-padrão	47
Figura 9 – Gráfico de eixos para três desvios-padrão	47

LISTA DE SIGLAS

BRT – Bus Rapid System.....	10
NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos.....	10
IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba.....	12
RIT – Rede Integrada de Transporte.....	16
URBS – Urbanização de Curitiba S.A.	16
PlanMob – Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado de Curitiba.....	18
RMC – Região Metropolitana de Curitiba.....	22
ITDP – Institute for Transportation and Development Policy.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo Operacional da Rede Integrada de Transporte – RIT	18
Tabela 2 – Frota de veículos de Curitiba de 2001 à 2011.	18
Tabela 3 – Evolução de Viagens, População, Passageiros Pagantes e Passageiros Transportados e Taxas Média de Crescimento - 1990 a 2007.....	19
Tabela 4 – Eixos da rede com extensão, frota operante, viagens/dia útil e ano de implantação em Curitiba	19
Tabela 5 – Dados coletados na pesquisa exploratória	34
Tabela 6 – Relação tempo parado em semáforos e tempo de percurso.....	35
Tabela 7 – Dados coletados, dias de coleta e horário do início das coletas	41
Tabela 8 – Desvio-padrão e média para 1° e 2° trechos.....	42
Tabela 9 – Desvio-padrão do valor médio e média para 1° e 2° trechos.....	42
Tabela 10 – Incerteza-padrão e média para 1° e 2° trechos	43
Tabela 11 – Valores máximos e mínimos do tempo de percurso total.....	44
Tabela 12 – Valores máximos e mínimos do tempo parado em semáforos	44
Tabela 13 – Valores máximos e mínimos do tempo de percurso com a redução do tempo parado em semáforos	45
Tabela 14 – Tempo Parado em Semáforos e Tempo Efetivo Parados em Semáforos	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	13
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 TRANSPORTE COLETIVO EM CURITIBA.....	14
2.1.1 <i>Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado de Curitiba</i>	16
2.1.2 <i>O Panorama do Transporte Público e Privado em Curitiba</i>	17
2.2 O SISTEMA BRT.....	22
2.2.1 <i>Sistema BRT no Brasil</i>	24
2.2.2 <i>Linha Expresso Biarticulado Centenário – Campo Comprido</i>	24
2.3 TEORIA DE ERROS.....	26
2.3.1 <i>Classificação dos Erros</i>	26
2.3.2 <i>Tratamentos Estatísticos de Medidas com Erros Aleatórios</i>	28
2.3.3 <i>Tratamento de Medidas com Erros Sistemáticos</i>	31
2.3.4 <i>Incerteza Padrão e Indicação do Valor Médio</i>	31
2.3.5 <i>Propagação de Incertezas</i>	32
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	33
3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA DO PERCURSO.....	33
3.2 ESCOLHA DOS TRECHOS.....	34
3.3 COLETA DE DADOS.....	36
3.3.1 <i>Procedimentos</i>	36
3.4 AVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS.....	37
3.5 METODOLOGIAS ADICIONAIS.....	39
3.5.1 <i>Análise das Condições de Contorno do Projeto</i>	39
4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	41
4.1 DADOS COLETADOS.....	41
4.2 CÁLCULO DA MÉDIA E DO DESVIO PADRÃO.....	42

4.3 CÁLCULO DO DESVIO PADRÃO DO VALOR MÉDIO	42
4.4 CÁLCULO DA INCERTEZA PADRÃO	42
4.5 PROPAGAÇÃO DE INCERTEZAS.....	37
4.5.1 <i>Relação para a Adição de Erros</i>	38
4.5.2 <i>Relação para a Subtração de Erros</i>	38
4.5.3 <i>Relação para a Divisão de Erros</i>	38
4.5.4 <i>Relação para a Divisão Sobre a Subtração de Erros</i>	39
4.6 TEMPO DE PERCURSO TOTAL	43
4.7 TEMPO DE PERCURSO COM A REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA EM SEMÁFOROS	44
4.8 TEMPO PARADO EM SEMÁFOROS E TEMPO EFETIVO PARADOS EM SEMÁFOROS	45
4.8.1 <i>Verificação de Melhoria</i>	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
5.1 CONCLUSÃO	48
5.2 A SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	48
REFERÊNCIAS.....	50
ANEXO A – ITINERÁRIO CENTENÁRIO – CAMPO COMPRIDO	52
APÊNDICE A – DADOS E RESULTADOS DA VIAGEM PILOTO.....	53
APÊNDICE B – DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA DOS DADOS COLETADOS	54

INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana tem sido, reconhecidamente, de grande importância para a economia de um país, de um estado, ou de qualquer cidade. É deslocando-se que as pessoas chegam aos locais de trabalho, estudo e comercial. Desta forma, percebe-se que para as sociedades o transporte público é uma forma de garantir a mobilidade urbana e assim, aumentar a capacidade de deslocamento da população.

Sendo assim, criaram-se sistemas para suprir a necessidade de tal deslocamento populacional. Dentre os vários sistemas existentes na atualidade, um dos adotados na cidade de Curitiba é o sistema de corredores exclusivos para ônibus, que é conhecido mundialmente por BRT (*Bus Rapid Transit*). Este sistema também é adotado por várias outras cidades no Brasil, bem como, nas principais cidades ao redor do mundo (NTU, 2011). O documento citado também menciona que o sistema BRT foi originalmente concebido, testado, operado e aprovado em Curitiba e ainda que, o sistema BRT tornou-se referência internacional de transporte coletivo de alto desempenho, qualidade e baixo custo.

De forma sucinta, este sistema prevê corredores exclusivos de ônibus que são distribuídos pela cidade (existentes não apenas no centro, como também em áreas mais afastadas). Assim, tem-se melhor fluidez do transporte público e maior satisfação das necessidades de mobilidade da população.

Porém, por mais que as canaletas sejam exclusivas para os ônibus, ainda há pontos de cruzamentos com outras vias importantes de Curitiba que impedem que o tempo do trajeto dos ônibus seja maximizado. Sendo assim, o presente trabalho pretende analisar a possível eficácia da introdução de semáforos inteligentes que abrissem conforme a aproximação dos ônibus em alguns pontos específicos da rota de um ônibus biarticulado, afim de reduzir o tempo de percurso.

Posteriormente, com a determinação de quanto tempo poderia ser reduzido com o uso destes semáforos, pode-se estudar a viabilidade de implementação deste equipamento para que seja melhorada, efetivamente, a eficiência do transporte público de Curitiba.

1.1 JUSTIFICATIVA

Cada vez mais pessoas têm adotado o transporte privado como meio de prover suas necessidades de deslocamento diárias (IPPUC, 2014a). Além disso, os recursos gastos pelo poder público para o funcionamento do sistema de transporte público foram de 2,4 bilhões de reais no ano de 2012, enquanto que para o transporte privado os recursos gastos foram de 7,9 bilhões de reais (ANTP, 2014). Desta forma, justifica-se a busca por novas soluções para o transporte público ou maneiras de torná-lo mais eficiente, atraindo assim um maior número de pessoas a adotar esse modal de transporte para o seu dia-a-dia, deixando de lado o transporte privado.

Como mencionado anteriormente, o transporte público urbano de Curitiba é mundialmente conhecido pela criação do sistema BRT, com suas linhas expressas com canaleta exclusiva. O sistema foi concebido como um metro de superfície e com o passar dos anos, várias melhorias foram adicionadas a este sistema, mas nota-se que ainda há vários pontos onde este sistema pode ser melhorado, como ilustrado na Figura 1, onde há um ônibus parado no semáforo. Esta situação configura uma possível oportunidade de melhoria, pois o ônibus poderia parar apenas nos pontos de embarque e desembarque de pedestres com um sistema de semáforo inteligente que evitasse a parada em vários pontos de cruzamentos como ocorre atualmente.



Figura 1 – Biarticulado parado
Fonte: Autoria Própria

Na Figura 1 é mostrado um ônibus parado à espera da abertura do sinal para sua passagem. O tempo que o ônibus permanece parado representa uma oportunidade de diminuição do tempo total de percurso do mesmo.

Deste modo, com o intuito de se fazer uma proposta que contribua para tornar o transporte público de Curitiba mais atrativo, estuda-se utilizar um sistema de semáforos que liberem a passagem dos ônibus conforme a aproximação dos mesmos, fazendo assim, com que a priorização dos ônibus realmente seja efetiva, uma vez que Curitiba já construiu canelas exclusivas para esse propósito.

Assim, mais especificamente, espera-se determinar a quantidade que pode ser reduzida do tempo de percurso dos ônibus da linha Centenário - Campo Comprido, linha escolhida para realização deste estudo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é analisar a influência do tempo de parada em semáforos no tempo total de percurso dos ônibus da linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Verificar a pertinência da associação de uma distribuição normal aos dados;
- b) Fazer as análises dos dados e erros associados a partir da Teoria de Erros;
- c) Determinar, em termos de probabilidade, a eficiência da introdução de semáforos que deem preferência aos ônibus.
- d) Possivelmente fazer análise das vantagens, desvantagem e dificuldade da introdução do sistema.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A seguir, é exposto um panorama geral do transporte coletivo de Curitiba, seguido por dados do transporte coletivo e privado da cidade nos últimos anos. Ainda é explicitado ao leitor, o conceito do sistema BRT, bem como as vantagens e desvantagens do sistema, e comentado quais são as outras cidades Brasileiras que também utilizam este sistema. Por fim, o texto apresenta a formulação que permitiu os cálculos que foram feitos para que se pudesse chegar aos objetivos deste trabalho.

2.1 TRANSPORTE COLETIVO EM CURITIBA

As observações a seguir, feitas neste item 2.1, se baseiam no documento no IPPUC (2010).

Assim, à base do conteúdo do documento mencionado, ressalta-se que, até o final da década de 60, o transporte coletivo de Curitiba era composto de linhas diametrais ou de ligação dos bairros com o centro. Na década de 70 estabeleceu-se o plano diretor que definiu os eixos estruturais, com a implantação da canaleta exclusiva para o transporte de massa, segundo uma concepção de priorizar o transporte de massa sobre o individual.

Em 1974 teve início a implementação do sistema de transporte integrado, a partir da ligação do eixo norte e do eixo sul com o centro. Entraram em operação duas linhas expressas, oito linhas alimentadoras e dois terminais, com integração física, utilizando ônibus especialmente projetados para cem passageiros, com comunicação visual especial com cores diferenciadas para as linhas expressas e alimentadoras. Este sistema integrado transportava, na época, 54.000 passageiros/dia, correspondendo a 8% da demanda total.

A evolução do sistema tem sido contínua. Já em 1977, foram implantadas duas linhas no eixo Boqueirão, totalizando seis linhas expressas e vinte e seis alimentadoras, que respondiam por 32% do total da demanda da cidade.

A implantação de uma linha interbairros, em 1979, para viagens externas ao centro, aprimorou o sistema integrado, com nove linhas expressas e trinta e três alimentadoras, atendendo a 34% da demanda, na época.

Em 1980, com a implantação dos eixos leste e oeste, entraram em operação mais quatro linhas expressas e duas interbairros, definindo a Rede Integrada de Transporte - RIT, consolidada pela adoção da tarifa única, com os percursos mais curtos subsidiando os mais longos. Para os expressos, adotaram-se ônibus articulados de 160 passageiros, sendo que a RIT transportava 37% da demanda, na época.

Mudanças institucionais foram feitas, com a URBS - Urbanização de Curitiba S.A. que assumiu, em 1986, o gerenciamento como concessionária das linhas, e as empresas operadoras, as permissionárias. A partir de 1987, a remuneração do serviço passou a ser cobrada tendo como unidade de medida, o quilômetro rodado.

Em 1991, foram implantadas as Linhas Diretas ("Ligeirinhos") destinadas às demandas pontuais, com embarque e desembarque em nível, nas estações tubo, pagamento antecipado da tarifa e uso de ônibus *padron* com um *layout* especial com embarques pelo lado esquerdo do ônibus.

Em 1992, iniciou-se a operação do ônibus biarticulado nas linhas expressas, para 270 passageiros, com embarque e desembarque em nível e com pagamento antecipado da tarifa nas estações tubo, reduzindo o tempo de subida e descida dos passageiros.

A evolução da RIT foi significativa, com uma cobertura espacial cada vez maior. Em 1996, através de convênio com o Governo do Estado, a URBS passou a controlar o transporte da Região Metropolitana, permitindo que fosse feita a integração no âmbito metropolitano, ampliando os benefícios do sistema para a população dos municípios vizinhos.

Com o objetivo de atender à crescente demanda da região do Sítio Cercado, incrementada pela implantação do Bairro Novo, e para atender a um segmento do Linhão do Emprego - eixo de desenvolvimento de economias comunitárias - em 1999 foi implantada a Linha Circular Sul, operada por ônibus biarticulado.

Devido a algumas linhas apresentarem pouca demanda de passageiros, e conseqüente baixa frequência, em 2001, foi implantado o uso de micro-ônibus nessas linhas convencionais, melhorando o intervalo e a atratividade das linhas.

Nesse mesmo ano, iniciou-se a operação de ônibus articulados em linhas de grande demanda que não utilizam vias exclusivas.

Em 2002, foi implantado o Cartão Transporte, um dispositivo tipo *smart card* que substituiu as antigas fichas utilizadas no sistema. Todas as pessoas com direito à gratuidade podem adquirir o novo cartão, bem como os usuários que utilizam o vale-transporte. O usuário comum do sistema pode também adquirir um cartão personalizado, que pode ser cancelado em caso de perda ou roubo, com a transferência da carga de passagens restante para outro cartão, evitando que o usuário sofra prejuízos.

O novo eixo de desenvolvimento da cidade, a Linha Verde, também conhecida como Eixo Metropolitano de Transporte, é a urbanização e modernização do trecho urbano da antiga BR - 116, entre os bairros Atuba e o Pinheirinho, e abrigará, a seguir, mais três importantes linhas de transporte que utilizarão a canaleta exclusiva da Linha Verde.

Em 2007, a demanda total de Curitiba e municípios da Região Metropolitana de Curitiba atendida pela RIT foi, em média, de 2.510.000 passageiros transportados por dia útil, com a RIT abrangendo a 94% da demanda urbana e 73% da demanda metropolitana, sendo que os passageiros pagantes, na média do dia útil, representam 1.235.000.

Essa demanda é atendida por seis linhas expressas operadas em cinco eixos, 28 terminais de integração, 351 estações tubo, 212 linhas alimentadoras, 18 diretas (ligeirinho), 19 linhas troncais, sete interbairros, e uma linha intercidades totalizando 263 linhas. Os passageiros podem efetuar diversos trajetos com o pagamento de uma única tarifa, utilizando os terminais de integração ou estações tubo para os transbordos.

Percebe-se, pela a leitura do histórico do transporte coletivo de Curitiba, a importância que a cidade vem, há 40 anos, dando à questão da mobilidade urbana e mostra também, a base sólida que se criou neste setor.

2.1.1 Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado de Curitiba

As normas vigentes no sistema de transporte coletivo estão estabelecidas na Lei Municipal nº 12.597/08.

O Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado de Curitiba – PlanMob (2008), em de seu anexo III (Diagnóstico Transporte coletivo e Comercial), têm para a “Circulação e Sistema Viário” a seguinte premissa:

“Promover a mobilidade urbana em Curitiba e suas conexões metropolitanas, de modo sustentável, induzindo a consolidação da malha viária urbana existente, direcionando e regulando investimentos futuros na infraestrutura viária geral, enfocando a mobilidade com menores fatores agressivos à vida e ao meio ambiente, priorizando os deslocamentos a pé, os em bicicleta e o transporte coletivo.” (PLANMOB, 2008)

O Plano Diretor de Curitiba foi consolidado na Lei nº. 11.266 de 2004, que "Dispõe sobre a adequação do Plano Diretor de Curitiba ao Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/01, para orientação e controle do desenvolvimento integrado do Município". As adequações relevantes para esse trabalho são transcritas a seguir.

Do que se refere à mobilidade urbana e transporte:

Art. 15. A política municipal de mobilidade urbana e transporte, têm o compromisso de facilitar os deslocamentos e a circulação de pessoas e bens no Município, com as seguintes diretrizes gerais:

I – priorizar no espaço viário o transporte coletivo em relação ao transporte individual;

IX – estimular a adoção de novas tecnologias que visem a redução de poluentes, resíduos ou suspensão e de poluição sonora, priorizando a adoção de combustíveis renováveis;

Do que se refere ao transporte de passageiros:

Art. 16. São diretrizes específicas da política municipal de transporte de passageiros:

IV – ordenar o sistema viário, através de mecanismos de engenharia, legislação e capacitação da malha viária, priorizando a circulação do transporte coletivo sobre o transporte individual;

V – adotar tecnologias apropriadas de baixa, média e alta capacidade, de acordo com as necessidades de cada demanda;

VI – promover a atratividade do uso do transporte coletivo por intermédio de deslocamentos rápidos, seguros, confortáveis e custos compatíveis;

IX – racionalizar o sistema de transporte e as formas de gerenciamento e controle de operação;

2.1.2 O Panorama do Transporte Público e Privado em Curitiba

Na Tabela 1 é apresentado o resumo operacional da Rede Integrada de Transporte – RIT, em Curitiba no ano de 2006 e 2014 (IPPUC, 2014b; URBS, 2014d).

Componente	Rede Integrada De Transporte	
	2006	2014
Frota Operante (Ônibus)	1.887	1.945
Frota Total (Ônibus)	2.210	2.145
Passageiros Pagantes (Média Dia Útil)	1.171.496	1.030.000
Passageiros Transportados (Média Dia Útil)	2.246.937	2.270.000
Linhas	406	356
Terminais	29	30
Estações Tubo	350	357
Quilometragem (Média Dia Útil)	475.888	480.000
Viagens (Dia Útil)	20.686	21.448
Vida Média Veículos (Anos)	5	4
Empresas Operantes	22	23

Tabela 1 – Resumo Operacional da Rede Integrada de Transporte – RIT
Fonte: IPPUC, 2014b e URBS, 2014d.

Como pode ser observado na Tabela 1 não houve um crescimento significativo da infraestrutura de transporte da RIT, fato que pode ser observado pelo não aumento da frota total de ônibus como também ainda houve redução do número de linhas do ano de 2006 ao ano de 2014.

Por outro lado, na Tabela 2 é apresentado a frota de veículos de Curitiba de 2001 à 2011, onde é possível perceber o aumento considerável da quantidade de veículos na cidade.

UF	Anos					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Curitiba	733.192	774.462	808.070	864.492	930.516	990.542
	1.068.738	1.136.462	1.193.580	1.247.998	1.266.927	

FONTE: Sistema de Registro Nacional de Veículos Automotores - RENAVAN / DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito

ELABORAÇÃO: IPPUC/ Banco de Dados

NOTA: * Contabilizado até abril de 2011

Tabela 2 – Frota de veículos de Curitiba de 2001 à 2011.
Fonte: IPPUC, 2014a.

Como pode ser visto, no ano de 2001 a quantidade de veículos na cidade de Curitiba era de 733.192, já em 2011 a quantidade de veículos atingia o valor de 1.266.927, o que representa um aumento de quase 73% entre 2001 e 2011. Acredita-se que isto possa indicar um aumento da utilização de carros como opção de transporte diário dos curitibanos.

Já na Tabela 3 apresenta-se, entre os anos de 1990 à 2007, a evolução da quantidade de viagens, população, passageiros e suas respectivas taxas de crescimento.

Ano	Viagens	População		Passageiros Pagantes		Passageiros Transportados		Passageiros Pagantes / Viagem	Passageiros Transportados / Viagem
		Absoluto	Taxa de Crescimento Anual ¹	Absoluto	Taxa de Crescimento Anual ¹	Absoluto	Taxa de Crescimento Anual ¹		
1990	14.582	1.285.579		1.049.539		1.194.688		71,97	81,93
1991	14.635	1.315.035	2,29	1.045.446	-0,39	1.315.103	10,08	71,43	89,86
1992	15.791	1.333.433	1,40	1.033.641	-1,13	1.509.177	14,76	65,46	95,57
1993	15.734	1.352.094	1,40	980.427	-5,15	1.538.541	1,95	62,31	97,78
1994	15.454	1.371.022	1,40	960.075	-2,08	1.537.814	-0,05	62,12	99,51
1995	15.561	1.375.185	0,30	1.039.800	8,30	1.713.450	11,42	66,82	110,11
1996	15.791	1.404.875	2,16	1.035.565	-0,41	1.723.878	0,61	65,58	109,17
1997	15.860	1.419.685	1,05	1.010.841	-2,39	1.725.540	0,10	63,74	108,80
1998	15.967	1.434.656	1,05	976.602	-3,39	1.727.698	0,13	61,16	108,20
1999	15.618	1.449.787	1,05	934.013	-4,36	1.620.164	-6,22	59,80	103,74
2000	15.727	1.587.315	9,49	900.683	-3,57	1.542.041	-4,82	57,27	98,05
2001	15.791	1.620.219	2,07	883.609	-1,90	1.641.689	6,46	55,96	103,96
2002	15.201	1.644.600	1,50	858.842	-2,80	1.599.930	-2,54	56,50	105,25
2003	14.875	1.671.194	1,62	851.703	-0,83	1.603.876	0,25	57,26	107,82
2004	14.813	1.727.010	3,34	845.924	-0,68	1.603.426	-0,03	57,11	108,24
2005	14.698	1.757.904	1,79	871.427	3,01	1.649.839	2,89	59,29	112,25
2006	14.596	1.788.556	1,74	900.829	3,37	1.706.625	3,44	61,72	116,92
2007	15.054	-	-	982.981	9,12	1.866.678	9,38	65,30	124,00

FONTE: IBGE/URBS (SETOR DE CONTROLE DE ESTATÍSTICA)

ELABORAÇÃO: IPPUC/Banco de Dados

NOTA: (1) Taxa média anual de crescimento geométrico - É a raiz t do quociente entre a população no instante t (P_t) e a população inicial (P₀) menos 1.

Tabela 3 – Evolução de Viagens, População, Passageiros Pagantes e Passageiros Transportados e Taxas Média de Crescimento - 1990 a 2007

Fonte: IPPUC, 2014c.

Pode-se perceber que do ano de 1990 ao ano de 2007 houve um aumento significativo do número de passageiros transportados, o que pode indicar que neste período de tempo houve um aumento significativo da frota da RIT.

Na Tabela 4 é apresentada a extensão, frota operante e viagens por dia útil no ano de 2007.

Eixos da rede com extensão, frota operante, viagens/dia útil e ano de implantação em Curitiba_2007

Eixo	Extensão (Km)	% em relação à rede Total	Frota Operante	% em relação à rede Total	Viagens Dia Útil	% em relação à rede Total	Ano de Implantação
Norte	12,60	18,19	32	15,84	154,00	12,78	73/74
Sul	13,60	19,63	63	31,19	399,00	33,11	73/74
Boqueirão	10,63	15,34	29	14,36	193,00	16,02	77
Leste	12,18	17,58	40	19,80	118,00	9,79	79/80
Oeste	8,27	11,94	15	7,43	85,00	7,05	81
Circular Sul	12,00	17,32	23	11,39	256,00	21,24	2000
TOTAL	69,28	100	202	100	1205	100	

FONTE: URBS, Urbanização de Curitiba S.A., IPPUC - Banco de Dados

ELABORAÇÃO: IPPUC/Banco de Dados

Tabela 4 – Eixos da rede com extensão, frota operante, viagens/dia útil e ano de implantação em Curitiba

Fonte: IPPUC (2014d).

Com os dados da Tabela 4 nota-se que, no ano de 2007, o número de viagens do eixo leste é 118 viagens/dia e do eixo oeste 85 viagens/dia, eixos nos quais faz parte a linha Centenário - Campo Comprido. Sendo que somados o eixo leste e oeste possuem aproximadamente 17% do total de viagens diárias.

Na Figura 2 é apresentado o tipo dos ônibus existentes na cidade de Curitiba, qual linha por tipo de ônibus, a capacidade, a frota operante e o número de linhas existentes.

Composição da Frota	Tipo de Linha / Veículo	Capacidade	Frota Operante	Nº de Linhas*
	Circular Centro / Micro	30	09	01
	Convencional / Micro - Micro Especial	40/70	280	82
	Convencional - Troncal / Comum	80	115	21
	Troncal / Articulado	160	24	
	Alimentador / Comum - Micro Especial	80/70	690	214
	Alimentador / Articulado	160	93	
	Interbairros / Padron	110	25	07
	Interbairros / Articulado	160	100	
	Linha Direta / Padron	110	390	16
	Linha Direta / Articulado	160	11	01
	Expresso / Articulado	180	24	01
	Expresso / Biarticulado	270	145	05

* Excluso SITES
Sistema Integrado - Agosto/2008

Figura 2 – Composição da frota, tipo de Linha / Veículo, capacidade, frota operante e nº de Linhas.

Fonte: IPPUC, 2014d.

Por último, nas Figuras 3 e 4 são apresentados, de maneira esquemática, os mapas da RIT em Curitiba e na região metropolitana de Curitiba com os eixos estruturais.

Curitiba

Linhas Expresso Biarticulado

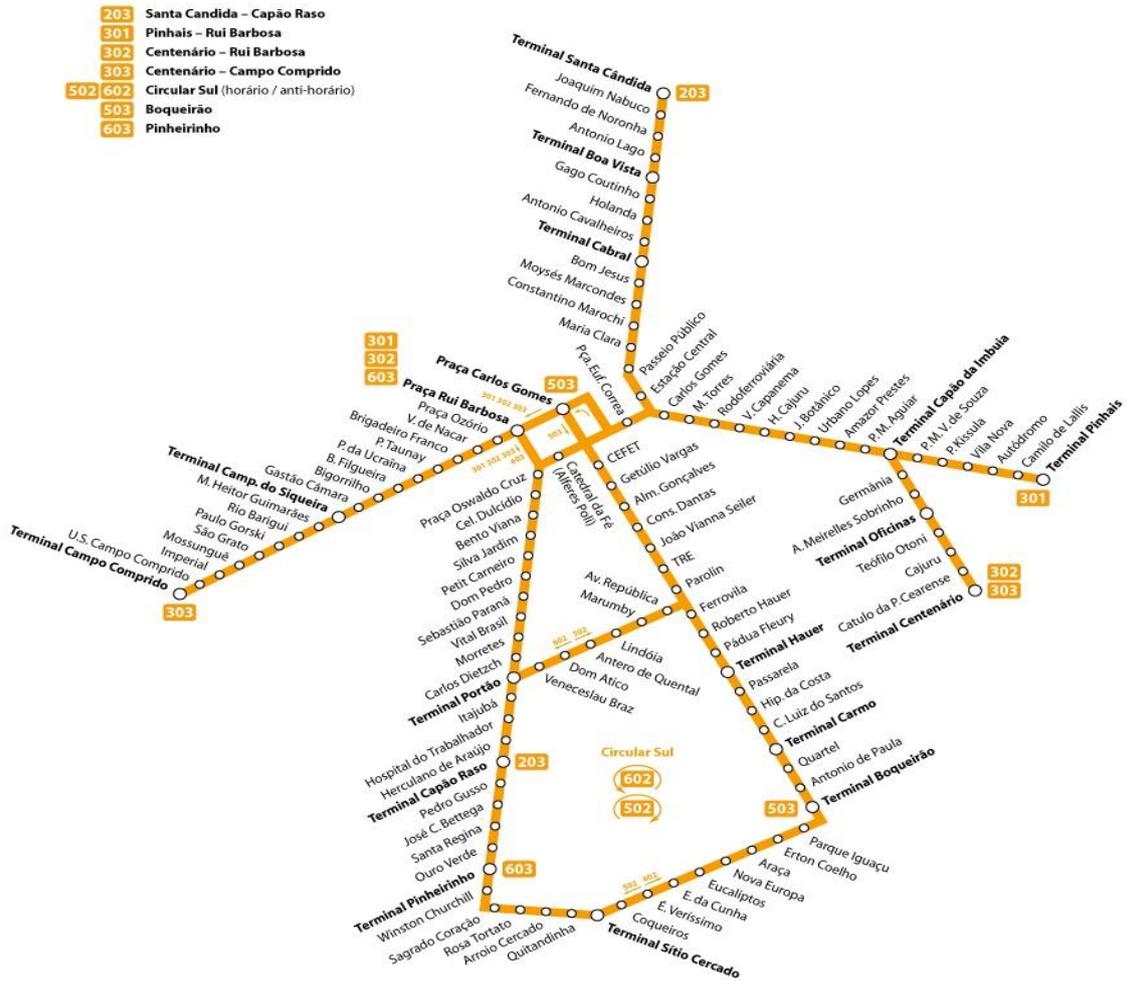


Figura 3 – Mapa da RIT e RMC (expresso biarticulado)
 Fonte, IPPUC, 2014e.

O sistema BRT, que como já mencionado, foi criado em Curitiba, não propõe apenas uma mudança na frota ou na infraestrutura do transporte público coletivo, mas sim um conjunto de mudanças que juntas formam um novo conceito de mobilidade urbana. A implementação de sistemas de trânsito de alto desempenho, eficientes e ecologicamente sustentáveis consta mundialmente na agenda política de planejadores urbanos e ambientais.

Nesse sistema deve ser realizada a substituição permanente do trânsito individual por um atrativo transporte coletivo, promovendo a segurança e a proteção para os seus passageiros, a redução de CO₂ bem como a diminuição de congestionamentos.

Segundo a associação BRT Brasil (BRTBRASIL, 2014), não há nada mais adequado do que soluções BRT, realizáveis a médio e longo prazo com investimento moderado. São conceitos que se integram homoganeamente nas estruturas urbanas, em tempo hábil como solução plena ou também por etapas.

Também para a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, a NTU, o baixo custo e o menor tempo de implantação em relação a outros modais de transporte são justificativas para que todo porte de cidade tenha como alternativa o BRT, que já utilizada em mais de 80 cidades do mundo (NTU, 2011).

O documento da NTU (2011) ainda relata que, trata-se de um sistema em que os ônibus circulam em uma rede de canaletas exclusivas com atributos especiais, como múltiplas posições de paradas nas estações, possibilidade de ultrapassagem, embarque em nível, acessibilidade universal, veículo articulado, pagamento e controle fora do ônibus, bons espaços nas estações e sistema de informações aos usuários.

Seus benefícios se refletem na fluidez e agilidade do deslocamento e, por consequência, na qualidade de vida do usuário, que passa a contar com um modal mais confortável, eficiente e seguro também do ponto de vista ambiental.

Ainda segundo ITDP (2008), um sistema BRT custa de 4 a 20 vezes menos que sistemas de veículos leves sobre trilhos e entre 10 a 100 vezes menos que um sistema de metrô. Dessa forma, tem-se a oportunidade de explorar e avançar, cada vez mais, na operação dos sistemas BRT, que poderão influenciar na mobilidade urbana de grande parte da população brasileira, valores que também foram observados por Oliveira (2009).

2.2.1 Sistema BRT no Brasil

A implantação dos sistemas BRT nas cidades brasileiras é sem dúvida um dos passos mais importantes para que o transporte urbano de passageiros seja realmente eficiente e em alinhamento com as expectativas da população (NTU, 2011).

O documento recém citado também tenta diagnosticar o estágio atual de desenvolvimento dos sistemas BRT em 12 cidades brasileiras (num total de 14 cidades), que são: Belo Horizonte (MG); Brasília (DF); Campo Grande (MS); Cascavel (PR); Curitiba (PR); Goiânia (GO); Maringá (PR); Porto Alegre (RS); Rio de Janeiro (RJ); Salvador (BA); Uberlândia (MG); Vitória (ES).

2.2.2 Linha Expresso Biarticulado Centenário – Campo Comprido

Segundo a URBS (2014), implantado em 1980, o eixo Leste/oeste (linha Centenário – Campo Comprido), atendido na época por ônibus articulados, entrava em operação adicionando mais quatro linhas expressas e duas interbairros.

O documento mencionado diz também que em 2000, a linha expressa Leste/Oeste passa a ser servida por ônibus biarticulados. Já em 2011 as linhas Centenário - Campo Comprido, Centenário - Rui Barbosa e Pinhais – Rui Barbosa passam a contar com os novos biarticulados de 28 metros de extensão.

Na Figura 5, mostrada abaixo, está representado o que é hoje o eixo Leste/oeste (linha Centenário – Campo Comprido, Pinhais – Rui Barbosa e Centenário – Rui Barbosa) com os nomes dos pontos de coleta de passageiros (estações-tubo) e dos terminais de ônibus pertencentes ao eixo.



Figura 5 – Eixo Leste – Oeste
Fonte: URBS, 2014a.

Ainda, segundo o documento da URBS (2014), o eixo Leste-Oeste foi planejado para atender uma demanda de 190 mil passageiros/dia e que é responsável por ligar o bairro Centenário ao bairro Campo Comprido e o Centro (Praça Rui Barbosa) ao município de Pinhais, somando uma extensão de vinte e três quilômetros. Atualmente o eixo contempla o total de seis terminais e setenta e duas estações-tubo de ônibus.

Ainda, a implementação da linha Centenário – Campo Comprido apresenta aos passageiros a possibilidade da substituição de outras quatro linhas: Centenário – Praça Rui Barbosa, Vila Oficinas, Capão da Imbuia – Campina do Siqueira e Campo Comprido.

Na Figura 6 é apresentado o mapa do caminho percorrido, apenas, pelo biarticulado da linha Centenário - Campo Comprido.



Figura 6 – Itinerário Linha Centenário – Campo Comprido
Fonte: URBS, 2014b

O Itinerário, com os nomes dos pontos das paradas programadas, encontra-se no anexo A (URBS, 2014c).

2.3 TEORIA DE ERROS

Para o estudo proposto, é necessário a definição de parâmetros do estudo de tempos e movimentos e métodos de estatística utilizados para a realização das análises. O conteúdo e a formulação que seguem são baseados em (VUOLO, 2002; FABRIS e MULLER, 2012).

2.3.1 Classificação dos Erros

Os erros experimentais podem ser classificados como erros sistemáticos ou erros aleatórios também chamados de erros estatísticos.

Erros sistemáticos são aqueles gerados por fontes identificáveis e, portanto podem ser eliminados ou compensados. Os erros sistemáticos numa medida experimental podem ser resultantes de uma limitação imposta pelos equipamentos usados, de variações de parâmetros externos que influenciam a grandeza que está sendo medida, bem como da metodologia empregada pelo operador e de aproximações e simplificações realizadas para por em prática o experimento. Portanto, o erro sistemático é sempre o mesmo nos n resultados, ou seja, os resultados são todos desviados para a mesma direção com relação ao valor real.

Como exemplo, erros sistemáticos podem ser introduzidos em uma medida: pelo uso de um equipamento descalibrado ou defeituoso (termômetro, cronômetro, paquímetro, multímetro...), pela variação da temperatura ambiente que afeta uma medida espectroscópica, pelo posicionamento angular do observador ao visualizar a escala do equipamento (erro de paralaxe), ou ainda desconsiderando a resistência do ar na medida da aceleração da gravidade no tempo de queda de um corpo.

Logo, quando o experimento é idealizado deve-se tentar identificar e eliminar o maior número possível de fontes e erros sistemáticos. A solução está, portanto, no adequado planejamento do experimento.

Os erros sistemáticos fazem com que as medidas feitas estejam acima ou abaixo do valor real, prejudicando a exatidão da medida.

Na prática, pode ocorrer que seja dispendioso ou complicado, ou simplesmente desnecessário reduzir ou corrigir os erros sistemáticos (por exemplo, em experiências didáticas, onde o maior interesse não é exatamente o resultado final da medição). Neste caso, os erros sistemáticos não corrigidos ou minimizados são chamados de erros sistemáticos residuais. Neste texto, é adotado o ponto de vista de que as incertezas sistemáticas residuais devem ser consideradas como incertezas estatísticas, para efeito de expressar a incerteza final no resultado de uma medição.

Os erros aleatórios, por sua vez, são provocados por fatores imprevisíveis e causam flutuações no valor medido mesmo quando a medição é repetida usando os mesmo equipamentos e empregando a mesma metodologia. É importante salientar que estes erros ocorrem mesmo numa experiência bem planejada. Os erros aleatórios afetam a precisão da medida.

É importante salientar que nem sempre se pode identificar as fontes de erros aleatórios.

Erros aleatórios podem ser introduzidos por flutuações nas condições ambientais: mudanças não previsíveis na temperatura, voltagem da linha, correntes de ar, vibrações. Por exemplo, por correntes de ar ou vibrações numa medida de massa usando uma balança, causadas por passagem de pessoas perto do aparato experimental ou veículos nas vizinhanças.

Os erros aleatórios podem ser minimizados reduzindo os fatores aleatórios que interferem no processo de medição. Outra solução para reduzir estes erros consiste na repetição do experimento, sob as mesmas condições, varias vezes seguidas de um tratamento estatístico dos resultados.

Existem também os erros grosseiros causados por enganos e que, portanto, não podem ser considerados erros de ponto de vista da teoria dos erros. Não é admissível apresentar resultados que contenham erros grosseiros. Quando houver suspeita da ocorrência de um erro grosseiro em uma medida esta deve ser repetida, se possível, ou eliminada do conjunto de dados.

Concluindo, o erro é inerente ao processo de medição e nunca é completamente eliminado, porém podemos minimizá-lo. Costuma-se dizer “Não existe medida sem erro”.

Uma classificação alternativa para as incertezas resultantes de medições é considerar Incertezas do Tipo A aquelas que surgem em função de fenômenos estatísticos ou aleatórios em séries de observações, e Incertezas do Tipo B as decorrentes de qualquer outra fonte não estatística de incerteza.

2.3.2 Tratamentos Estatísticos de Medidas com Erros Aleatórios

Os Erros sistemáticos (incertezas do tipo B) desviam os valores medidos do valor real de uma mesma quantidade, enquanto que os erros aleatórios (incertezas do Tipo A) produzem uma flutuação dos resultados em torno do valor geral da grandeza e, portanto uma distribuição simétrica de erros. Assim, se as medias foram realizadas cuidadosamente e com planejamento, sob as mesmas condições e mantendo a mesma metodologia, buscando desta maneira sempre minimizar os erros sistemáticos, uma boa estimativa do valor real da grandeza medida é fornecida

pela média aritmética dos valores medidos. Sendo assim, o valor mais provável da grandeza será:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (1)$$

Onde y_i é o valor obtido na i -ésima medida, e N é o número total de medidas realizadas.

O valor médio é diferente do valor verdadeiro, porém a incerteza associada com o valor médio é menor que a incerteza para cada um dos valores y_i .

Ao se realizar várias medições da mesma grandeza nas mesmas condições, a incidência de erros aleatórios faz com que os valores medidos estejam distribuídos em torno da média. Espera-se que o valor médio se torne tanto mais preciso quanto maior for o número de medidas.

Para uma série de medidas a dispersão, que indica quanto os resultados se espalham em relação ao valor médio por causa dos erros aleatórios, pode ser calculada a partir do *desvio médio quadrático* ou *desvio padrão* obtido a partir dos resultados experimentais.

Suponha que foram realizadas N medias de uma grandeza y , que forneceram os valores $y_1, y_2, y_3, \dots, y_N$ para a grandeza. Para cada media calcula-se o desvio com relação ao valor médio:

$$d_i = y_i - \bar{y} \quad (2)$$

A melhor estimativa experimental para o desvio padrão “sigma” (desvio padrão experimental) será:

$$\sigma \cong \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Ou ainda:

$$\sigma \cong \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{N}{N-1} \bar{y}^2} \quad (4)$$

A segunda equação é mais fácil de ser resolvida, pois só é necessário calcular o somatório de y_i^2 no lugar do somatório de $(y_i - \bar{y})^2$.

Se fossem realizados k conjuntos de n medições da grandeza, cada conjunto forneceria um valor médio. Sendo assim, tem-se k valores médios para a grandeza. Estes valores médios, y_{mv} , apresentam uma dispersão em torno do valor médio verdadeiro que é fornecida pelo desvio padrão do valor médio σ_m .

$$\sigma_m \cong \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - y_{mv})^2} \quad (5)$$

A melhor estimativa para o desvio padrão do valor médio é (pressupondo uma distribuição com densidade de probabilidade gaussiana):

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

O desvio padrão do valor médio de uma grandeza é a incerteza final correspondente aos erros estatísticos nas medições. Esta estimativa leva em conta a dispersão causada pelos erros estatísticos, contudo, ainda, restam os eventuais erros sistemáticos que devem ser determinados para que o resultado possa ser corrigido.

2.3.3 Tratamento de Medidas com Erros Sistemáticos

O desvio associado aos erros sistemáticos é bem mais difícil de ser avaliados e não existe nenhum padrão bem estabelecido para fazer isto. Portanto neste caso o bom senso do operador é fundamental uma vez que, por mais bem elaborada que seja a experiência, sempre haverá um erro sistemático residual. Geralmente o limite de erro L_r é estimado verificando o manual fornecido pelo fabricante dos equipamentos empregados. Uma relação que pode ser usada para estimar o erro sistemático residual é apresentada a seguir:

$$\sigma_r \cong \frac{L_r}{2} \quad (7)$$

Esta relação pode ser empregada no caso de uma distribuição gaussiana de erros e um limite de erro com aproximadamente 95% de confiança. Para uma distribuição de probabilidade retangular (para régua, paquímetro, cronômetro,...) pode ser utilizada a seguinte relação:

$$\sigma_r \cong \frac{L_r}{(2\sqrt{3})} \quad (8)$$

Quando não existem informações suficientes dos equipamentos o limite de erro L_r pode ser estimado como sendo a menor divisão ou menor leitura fornecida pelo instrumento.

2.3.4 Incerteza Padrão e Indicação do Valor Médio

As incertezas estatísticas e sistemáticas podem ser combinadas pela expressão a seguir fornecendo a incerteza padrão σ_p :

$$\sigma_p^2 = \sigma_m^2 + \sigma_r^2 \quad (9)$$

Assim, o valor da grandeza medida é expresso como:

$$y = \bar{y} \pm \sigma_p \quad (10)$$

2.3.5 Propagação de Incertezas

A propagação de incertezas ocorre quando uma grandeza é obtida indiretamente a partir de valores obtidos experimentalmente para outras grandezas. Como cada valor experimental possui uma incerteza padrão, estas incertezas irão se propagar para a grandeza indireta. E o valor da grandeza será expresso como:

$$w \pm \sigma_w \quad (11)$$

Onde w é a grandeza obtida indiretamente e σ_w é a *incerteza propagada*.

A equação geral para o desenvolvimento de expressões para o cálculo da propagação de incertezas é mostrada abaixo e com ela é possível fazer o cálculo das relações entre os erros.

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{d_w}{d_x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{d_w}{d_y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{d_w}{d_z}\right)^2 \sigma_z^2 + \dots \quad (12)$$

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para encontrar a média do tempo de percurso e a média do tempo que o ônibus permanece parado no percurso nos trechos escolhidos da linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido foi feita a divisão da metodologia em etapas, abaixo segue a descrição de cada uma das etapas. A linha expresso biarticulado Centenário – Campo Comprido foi escolhida para realização do presente trabalho devido a familiaridade já existente com o trecho e pela conveniência de coleta de dados.

3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA DO PERCURSO

Foi realizado um estudo preliminar do percurso para familiaridade com os diversos aspectos que abrangem a coleta de dados, afim de que, as pesquisas subsequentes, pudessem ser concebidas com uma maior sensibilidade e precisão. Além disso, a pesquisa exploratória auxiliou na escolha das melhores técnicas e métodos a serem utilizados. Ainda, a partir da pesquisa exploratória foi possível escolher os trechos que foram investigados a fundo. Os critérios de escolha estão expostos à frente no item 3.2.

No apêndice A apresenta-se um esboço da linha Centenário – Campo Comprido em terminais de ônibus, estações-tubo e semáforos. Além disso, apresentam-se os dados coletados no estudo preliminar.

Como pode ser visto no apêndice A, o percurso foi dividido em cinco trechos (Centenário – Vila Oficinas, Vila Oficinas – Capão da Imbuia, Capão da Imbuia – Rui Barbosa, Rui Barbosa – Campina do Siqueira, Campina do Siqueira – Campo Comprido).

Na Tabela 5, apresentada abaixo, pode-se ver os dados coletadas na pesquisa exploratória.

Trechos	Valores Individuais			Quantidade de Tubos	Quantidade de Faróis
	T. P. Farol*	T. P. Tubo*2	T. Total*3		
	min : seg				
Centenário - Vila Oficinas	01:42	01:20	06:27	3	4
Vila Oficinas - Capão da Imbuia	00:31	01:00	04:25	2	2
Capão da Imbuia - Rui Barbosa	05:30	04:10	20:21	9	20
Rui Barbosa - Campina do Siqueira	04:02	04:30	15:27	8	16
Campina do Siqueira - Campo Comprido	00:00	03:09	10:51	3	4

*3 T. Total: Tempo Total de Percurso

*2 T.P.Tubo: Tempo Parado em Tubos de coleta de passageiros

* T.P.Farol: Tempo Parado em Faróis de Trânsito

Tabela 5 – Dados coletados na pesquisa exploratória
Fonte: Autoria Própria

Os valores apresentados na Tabela 5 são valores individuais referentes a cada trecho. Além disso, foi anotada a quantidade de Estações Tubo e semáforos existentes em cada trecho.

Observações:

- Pode-se notar que no último trecho do percurso (Campina do Siqueira – Campo Comprido) o tempo dispendido na viagem piloto, em semáforos, foi nulo. Isso acontece pelo fato de haver apenas um semáforo logo após a saída do terminal Campina do Siqueira. No restante do trecho, o cruzamento com outras ruas dá-se através de viadutos e outras obras de arte especiais, isso mostra como o planejamento afeta a qualidade do transporte público.
- Há alguns pontos onde os semáforos existentes são exclusivamente para travessia de pedestres. Nesses pontos, a existência de semáforo que abrissem conforme a aproximação do ônibus seria ainda mais interessante porque assim a travessia dos pedestres estaria liberada por mais tempo.

3.2 ESCOLHA DOS TRECHOS

Como método de avaliação preliminar apresenta-se dois resultados da relação tempo parado em semáforos e tempo de percurso, na Tabela 6. O primeiro compara o tempo que o ônibus permanece parado no trecho com o tempo de

percurso total do trecho. O segundo compara o tempo que o ônibus permanece parado no trecho com o tempo de percurso efetivo. Entende-se como tempo de percurso efetivo a subtração do tempo que o ônibus permanece parado devido à coleta de passageiros do tempo total de percurso, já que isso não interfere no tempo que o ônibus permanece parado devido aos semáforos.

Trechos	Relação entre Tempo Parado em Faróis e o Tempo de Percurso	Relação entre Tempo Parado em Faróis e o Tempo Efetivo de Percurso
Centenário - Vila Oficinas	26,4%	33,2%
Vila Oficinas - Capão da Imbuia	11,7%	15,1%
Capão da Imbuia - Rui Barbosa	27,0%	34,0%
Rui Barbosa - Campina do Siqueira	26,1%	36,8%
Campina do Siqueira - Campo Comprido	0,0%	0,0%

Tabela 6 – Relação tempo parado em semáforos e tempo de percurso
Fonte: Autoria Própria

Através dos valores encontrados nos resultados da pesquisa exploratória foi possível identificar os trechos com maiores potenciais de melhorias, ou seja, com as maiores porcentagens de tempo parado em semáforos, como mostrado na Tabela 6.

Desta forma, os trechos Capão da Imbuia – Rui Barbosa e Rui Barbosa – Campina do Siqueira foram escolhidos para serem investigados no presente trabalho por apresentarem relação entre o tempo parado em semáforos por tempo de percurso e tempo efetivo de percurso de 27,1% - 34,0% e 26,1- 36,8% respectivamente.

Além disso, outro critério foi a quantidade de semáforos existentes. Observe, na Tabela 5, que o tempo total de percurso do primeiro trecho foi de 6 minutos e 27 segundos, enquanto para o terceiro e quarto trechos o tempo total de percurso foi de 20 minutos e 21 segundos, e de 15 minutos e 27 segundos respectivamente.

A continuidade dos trechos a serem escolhidos também teve relevância na escolha dos trechos, pois imaginou-se que adotando apenas os trechos Capão da Imbuia – Rui Barbosa e Rui Barbosa – Campina do Siqueira tornaria a coleta dos dados mais prática e rápida. Por isso, a primeira parte do percurso, Centenário – Vila Oficinas, mesmo apresentando um alto potencial de melhoria, não foi escolhido.

3.3 COLETA DE DADOS

3.3.1 Procedimentos

A coleta de dados deu-se da seguinte forma:

- a) No terminal do Capão da Imbuia, assim que o ônibus biarticulado deu partida foi acionado o cronometro que marcou o tempo total do percurso;
- b) Assim que o ônibus realizou a primeira parada de coleta de passageiros ou devido ao semáforo de sinalização de transito, foi acionado um segundo ou terceiro cronômetro que marcou o tempo que o ônibus permaneceu parado para coleta de passageiros ou o tempo de espera da liberação de passagem pelo semáforo;
- c) O acionamento dos cronômetros que marcam o tempo que o ônibus fica parado deu-se imediatamente após cada parada do ônibus;
- d) Logo após o início da aceleração do ônibus os cronômetros foram novamente parados, até que o ônibus pare por qual quer um dos motivos, semáforos ou tubos de coleta de passageiros;
- e) Logo após a chegada ao ponto de ônibus da Praça Rui Barbosa os dados foram registrados e o cronômetro zerado;
- f) Iniciou-se então uma nova tomada de dados para o trecho 2, seguindo os mesmos padrões que os adotados para o trecho 1;
- g) O tempo no qual o ônibus se encontrava parado no ponto de ônibus da Praça Rui Barbosa e no terminal do Campina do Siqueira não foi contabilizado;
- h) Após a chegada ao terminal do Campina do Siqueira, os dados foram registrados e a coleta de dados do dia encerrada;
- i) Os dados foram coletados em segundas-feiras em um período de início entre as 18 horas e 15 minutos e às 19 horas;

- j) A quantidade de dados coletados, bem como, os dias de coletas são apresentados no item apresentação e discussão dos resultados.

*Obs.: Acredita-se que para encontrar uma distribuição normal dos dados, fosse necessário que a coleta de dados sofresse o mínimo possível de influência das variáveis do tempo de intensidade de tráfego, número da frota de ônibus operante, número de passageiros, entre outras. Portanto, imaginou-se que se pudesse eliminar essa influência determinando que a variação do horário de início de coleta, considerando que serão feitas em dias diferentes, não seja maior que quarenta e cinco minutos, tentando assim, coletar dados que representem uma mesma realidade de trânsito dos ônibus da linha escolhida.

3.4 AVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

Após a coleta de dados, foi utilizada a teoria dos erros para calcular a média dos tempos totais de percurso e tempos nos quais o ônibus permanece parado para cada trecho. Também foi calculada a incerteza padrão e uma probabilidade sobre as médias encontradas, por meio do cálculo dos erros associados.

Por fim, foi calculada a influência total no tempo de percurso que os semáforos exercem sobre o tempo de percurso dos ônibus. Esse cálculo foi feito para cada trecho individual e para a combinação dos dois trechos.

Nos itens abaixo são apresentados os cálculos realizados para a obtenção de as equações necessárias para análise dos dados.

3.5 Propagação de Incertezas

Seguindo ainda a teoria dos erros, e com base na simbologia proposta por Fabris e Muller (2012) para a propagação de incertezas foi utilizada a equação geral (18) do item 2.3.8 para que pudesse ser possível somar, subtrair, dividir erros.

No cálculo da propagação dos erros foram encontradas as relações expressadas nos itens 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 e 4.5.4.

3.5.1 Relação para a Adição de Erros

Como o intuito de realizar a adição de duas medidas com grandezas expressas como $y = (\bar{y}_1 \pm \sigma_{p1})$, foi desenvolvida a relação abaixo.

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{p1}^2 + \sigma_{p2}^2} \quad (13)$$

O valor da grandeza após a adição é dada como $w = \bar{w} \pm \sigma_w$.

3.5.2 Relação para a Subtração de Erros

Para realizar a subtração de duas medidas com grandezas expressas como $y = (\bar{y}_1 \pm \sigma_{p1})$, foi desenvolvida a relação abaixo.

$$\sigma_w = \sqrt{\sigma_{p1}^2 + \sigma_{p2}^2} \quad (14)$$

O valor da grandeza após a subtração é representada como $w = \bar{w} \pm \sigma_w$.

3.5.3 Relação para a Divisão de Erros

Com a necessidade de realizar a divisão de duas medidas com grandezas expressas como $y = (\bar{y}_1 \pm \sigma_{p1})$, foi desenvolvida a relação abaixo.

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\sigma_{p1}^2}{\bar{y}_2^2} + \frac{\bar{y}_1^2 \sigma_{p2}^2}{\bar{y}_2^4}} \quad (15)$$

O valor da grandeza após a divisão é representada como $w = \bar{w} \pm \sigma_w$.

3.5.4 Relação para a Divisão Sobre a Subtração de Erros

Para realizar a divisão de uma medida após a subtração de duas outras medidas, sendo todas expressas com grandezas como $y = (\bar{y}_1 \pm \sigma_{p1})$, foi desenvolvida a relação abaixo.

$$\sigma_w = \sqrt{\left(\frac{1}{\bar{y}_2 - \bar{y}_3}\right)^2 \sigma_1^2 + \left(\frac{-\bar{y}_1}{(\bar{y}_2 - \bar{y}_3)^2}\right)^2 \sigma_2^2 + \left(\frac{\bar{y}_1}{(\bar{y}_2 - \bar{y}_3)^2}\right)^2 \sigma_3^2} \quad (16)$$

O valor da grandeza após a divisão é representada como $w = \bar{w} \pm \sigma_w$.

3.6 METODOLOGIAS ADICIONAIS

3.6.1 Análise das Condições de Contorno do Projeto.

Pretendeu-se no decorrer da coleta de dados fazer uma análise das condições de implementação do possível projeto de semáforo que identifiquem a chegada dos ônibus e lhe deem prioridade em cruzamentos com outras vias,

determinando assim, uma nova metodologia de funcionamento. Nesta análise, desejou-se encontrar os pontos fortes e fracos desta metodologia.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados por métodos estatísticos baseados na teoria de erros, para que se possa estabelecer comparação entre os dados.

4.1 Dados Coletados

Os dados coletados, dias de coleta e horário do início das coletas são apresentados a seguir na Tabela 7.

Coleta	Dia coletado	Horário de Início	1º Trecho			2º Trecho		
			Dados - Rui Barbosa			Dados - Campina do Siqueira		
			T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total
			min : seg			min : seg		
1ª	28/04/2014	18:44	05:06	04:21	21:33	04:59	04:29	17:13
2ª	05/05/2014	18:16	05:01	03:47	20:58	05:30	03:33	16:27
3ª	12/05/2014	18:56	04:07	03:43	18:58	04:55	03:05	15:11
4ª	19/05/2014	18:29	04:58	04:49	21:27	04:29	03:56	16:03
5ª	26/05/2014	18:49	03:44	04:02	19:01	04:26	03:21	15:51
6ª	09/06/2014	18:59	03:08	03:21	16:39	03:16	03:03	13:51
7ª	14/07/2014	18:40	03:28	04:27	19:04	04:05	05:54	16:01
8ª	21/07/2014	18:35	04:18	03:05	19:41	05:33	03:11	16:24

Tabela 7 – Dados coletados, dias de coleta e horário do início das coletas
Fonte: Autoria Própria

Como pode ser visto na Tabela 7, foi coletado um total de oito séries de dados para ambos os trechos. Como foi proposto, todos os dados mostrados na referida tabela foram coletados em um mesmo dia da semana com variação de até 45 minutos entre o horário início das coletas de dados.

A coleta do dia 02/06/2014 foi descartada por que ultrapassou a faixa de variação de tempo de 45 minutos para início da coleta dos dados. Ainda, durante o período de 9/06 e 14/07 não houve coleta dos dados, pois houve a consideração de que os dados, neste período, não fariam parte da distribuição, uma vez que este período se refere à realização da Copa do Mundo de 2014 sediada pelo Brasil.

No apêndice B podem ser vistos os gráficos que mostram a tendência à normalidade (curva de Gauss) dos dados coletados. Desta forma, isto permite calcular a média e o desvio padrão segundo distribuição Gaussiana.

4.2 Cálculo da Média e do Desvio Padrão

Utilizando da teoria dos erros, especificamente com base na simbologia de Vuolo (2003) e Fabris e Muller (2012), fez-se o cálculo da média dos dados e do desvio-padrão para cada tempo medido dos trechos, como mostrado na Tabela 8.

	1º Trecho			2º Trecho		
	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total
Desvio Padrão	0m 45s	0m 35s	1m 38s	0m 45s	0m 58s	1m 0s
Média	4m 14s	3m 57s	19m 40s	4m 39s	3m 49s	15m 53s

Tabela 8 – Desvio-padrão e média para 1º e 2º trechos

Fonte: Autoria Própria

4.3 Cálculo do Desvio Padrão do Valor Médio

A partir dos valores calculados partiu-se então para o cálculo do desvio padrão do valor médio. Os valores encontrados são apresentados na Tabela 9.

	1º Trecho			2º Trecho		
	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total
Desvio Padrão do Valor Médio	0m 16s	0m 12s	0m 35s	0m 16s	0m 21s	0m 21s
Média	4m 14s	3m 57s	19m 40s	4m 39s	3m 49s	15m 53s

Tabela 9 – Desvio-padrão do valor médio e média para 1º e 2º trechos

Fonte: Autoria Própria

4.4 Cálculo da Incerteza Padrão

Após o cálculo do desvio padrão do valor médio faz-se necessário fazer o tratamento do desvio associado ao erro sistemático. Para o referente trabalho foi

determinado que o erro sistemático residual fosse igual a menor leitura fornecida pelo cronômetro, no caso 1 segundo.

Na Tabela 10 é apresentada a incerteza padrão e os valores da média mais e menos o valor da incerteza padrão.

		1º Trecho			2º Trecho		
Erro Sistemático	00m 01s	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total	T. P. Farol	T. P. Tubo	T. Total
Incerteza Padrão		0m 16s	0m 12s	0m 35s	0m 16s	0m 21s	0m 21s
Média		4m 14s	3m 57s	19m 40s	4m 39s	3m 49s	15m 53s
Média (+) Incerteza Padrão		4m 30s	4m 09s	20m 15s	4m 55s	4m 10s	16m 14s
Média (-) Incerteza Padrão		3m 58s	3m 45s	19m 05s	4m 23s	3m 28s	15m 31s

Tabela 10 – Incerteza-padrão e média para 1º e 2º trechos
Fonte: Autoria Própria

Observando os valores de incerteza padrão nota-se que o erro sistemático não teve impacto sobre o desvio-padrão do valor médio.

Além disso, pode-se afirmar com 68% de certeza que se o experimento fosse realizado novamente o valor da média das medidas estaria entre os valores apresentados na Tabela 10. Ou seja, há uma certeza de 68% de que para uma nova experiência a média do tempo total de percurso do 1º trecho ficaria entre os valores de 20 minutos e 15 segundos, e de 19 minutos e 5 segundos, por exemplo.

4.5 Tempo de Percurso Total

Utilizando-se então a relação do item 3.5.1 foi possível calcular o tempo total de percurso. Ou seja, foi possível realizar a soma dos tempos totais do 1º e 2º trechos, como é mostrado na Tabela 11.

	1º Trecho	2º Trecho	Trecho Total
Incerteza padrão	0m 35s	0m 21s	0m 41s
Valor médio	19m 40s	15m 53s	35m 33s
Intervalo SUPERIOR	20m 15s	16m 14s	36m 14s
Intervalo INFERIOR	19m 5s	15m 31s	34m 52s

Tabela 11 – Valores máximos e mínimos do tempo de percurso total
Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 11 são apresentados os valores de tempo encontrados para o 1º e 2º trechos e do trecho total (a adição de ambos).

4.6 Tempo de Percurso com a Redução do Tempo de Parada em Semáforos

Com o intuito de saber qual é o tempo de percurso caso não houvesse semáforos (sem perdas de tempo) calculou-se então, primeiramente fazendo-se o uso da relação do item 3.5.1, o tempo total com que o ônibus permaneceu parado.

Posteriormente, calculou-se, utilizando-se a relação do item 3.5.2, o tempo de percurso fazendo-se a subtração do tempo parado em semáforos.

Na Tabela 12 é mostrado o tempo com que o ônibus permaneceu parado no 1º e 2º trecho e a soma dos respectivos tempos.

	1º Trecho	2º Trecho	Trecho Total
Incerteza padrão	0m 16s	0m 16s	0m 23s
Valor médio	4m 14s	4m 39s	8m 53s
Intervalo SUPERIOR	4m 30s	4m 55s	9m 16s
Intervalo INFERIOR	3m 58s	4m 23s	8m 30s

Tabela 12 – Valores máximos e mínimos do tempo parado em semáforos
Fonte: Autoria Própria

Já na Tabela 13 são mostrados os valores do tempo de percurso com a redução do tempo em que o ônibus permaneceu parado devido a semáforos.

	1º Trecho	2º Trecho	Trecho Total
Incerteza padrão	0m 38s	0m 27s	0m 47s
Valor médio	15m 26s	11m 13s	26m 40s
Intervalo SUPERIOR	16m 5s	11m 40s	27m 27s
Intervalo INFERIOR	14m 48s	10m 47s	25m 53s

Tabela 13 – Valores máximos e mínimos do tempo de percurso com a redução do tempo parado em semáforos

Fonte: Autoria Própria

Ao observar a Tabela 12 e a Tabela 13 pode-se perceber que ao retirar a influência dos semáforos sobre o tempo de percurso total dos ônibus o tempo total passou de 35 minutos e 33 segundos \pm 41 segundos para 26 minutos e 40 segundos \pm 47 segundos.

4.7 Tempo Parado em Semáforos e Tempo Efetivo Parados em Semáforos

Outra maneira de analisar os dados é calcular a porcentagem média dos tempos em que ônibus permaneceu parado em semáforos e a porcentagem da incerteza padrão. Na Tabela 14 podem ser vistos os valores entrados para o 1º e 2º trechos e para o trecho total.

	1º Techo		2º Techo		Trecho Total	
	Tempo Parado	Tempo Efetivo Parado	Tempo Parado	Tempo Efetivo Parado	Tempo Parado	Tempo Efetivo Parado
Incerteza Padrão	1,5%	2,0%	1,8%	2,7%	1,2%	1,6%
Média	21,5%	26,9%	29,3%	38,6%	25,0%	32,0%
Média + Incerteza P.	23,0%	28,9%	31,1%	41,3%	26,2%	33,6%
Média - Incerteza P.	20,0%	24,9%	27,5%	35,8%	23,8%	30,3%

Tabela 14 – Tempo Parado em Semáforos e Tempo Efetivo Parados em Semáforos

Observa-se que para o trecho total, tem-se uma influência dos semáforos mínima e máxima de 23,8% e 26,2%, respectivamente, sobre o tempo de percurso total dos ônibus. Essa influência passa para 30,3% e 33,6% (mínimo e máximo, respectivamente) quando analisado o tempo total de percurso após a redução do tempo parado em estações tubo.

4.7.1 Verificação de Melhoria

Para que se possa verificar a melhoria é feito o esquema de gráfico em eixos, verificando assim a existência ou não da sobreposição de valores.

Na Figura 6 é possível ver o gráfico construído para mostrar que não há sobreposição de valores com erros associados. Os eixos representam a linha de tempo, sendo que, o eixo superior representa os valores de máximo e mínimo do tempo total de percurso e o eixo inferior representa os valores de máximo e mínimo do tempo de percurso com a redução do tempo de parada em semáforos. O mesmo padrão é seguido nas Figuras 7 e 8.



Figura 7 – Gráfico de eixos para uma incerteza-padrão

O valor médio do tempo total de percurso é de 35 minutos e 33 segundos, como mostrado na Figura 6, sendo este o valor acima do primeiro eixo e entre os valores de escala. Já os valores abaixo do primeiro eixo são os valores de máximo e mínimo tempo total de percurso. O mesmo padrão é seguido para o segundo eixo, sendo que o valor médio para o tempo de percurso com a redução do tempo de para em semáforos é de 26 minutos e 40 segundos.

Os valores de máximo e mínimo da Tabela 6 são calculados com uma incerteza-padrão.

Na Figura 7 são apresentados os mesmos valores médios, porém os valores de máximo e mínimo são diferentes, pois são calculados com duas incertezas-padrão.

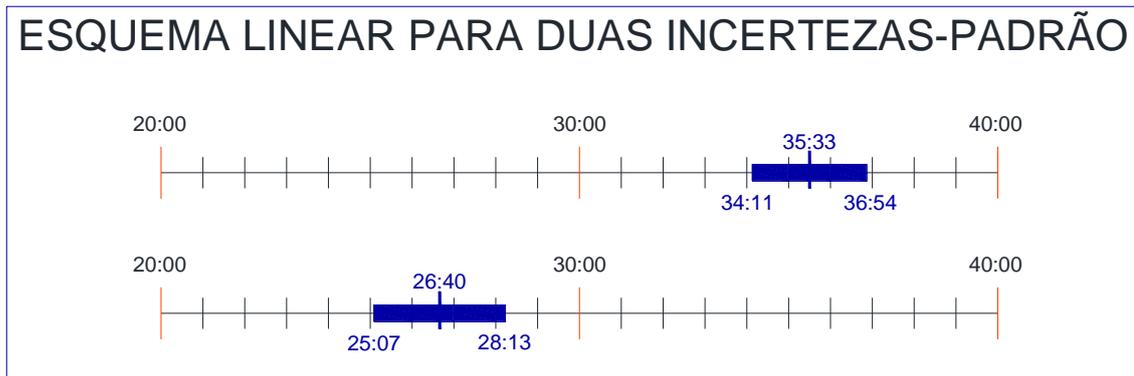


Figura 8 – Gráfico de eixos para duas incertezas-padrão
Fonte: Autoria Própria

Já na Figura 8, os valores de máximo de mínimo são calculados com três incertezas-padrão.

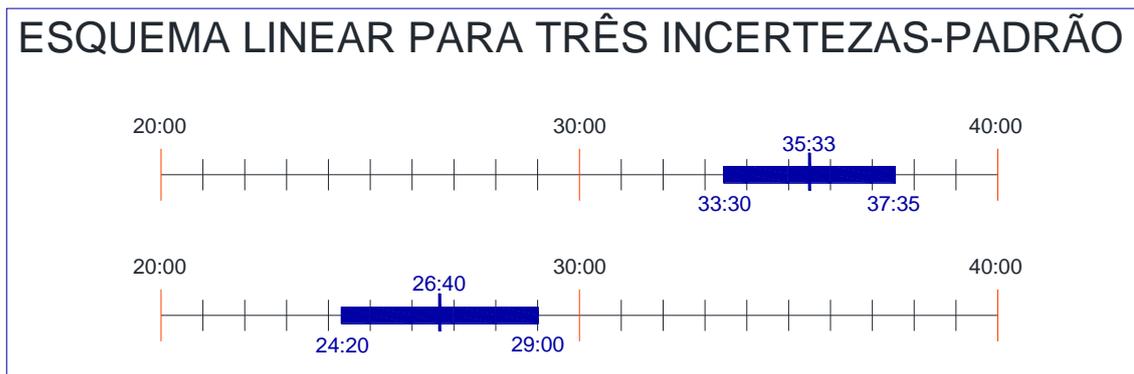


Figura 9 – Gráfico de eixos para três desvios-padrão
Fonte: Autoria Própria

A quantidade de incertezas-padrão utilizada no calculo incorre no grau de certeza que pode-se afirmar sobre a verificação da melhoria. Para uma incerteza-padrão afirmar-se com 68% de certeza, para duas incertezas-padrão afirma-se com 95% de certeza e por ultimo com três incertezas-padrão afirma-se 99% de certeza.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÃO

Com a verificação de melhoria apresentada nos resultados, pode-se afirmar com mais de 99% de certeza, que a substituição dos semáforos convencionais por algum tipo de sistema que dê a preferência para os ônibus irá diminuir, dada às circunstâncias de coleta apresentados neste trabalho, o tempo de percurso total dos ônibus.

Além disso, pode-se afirmar que o tempo de redução é sim significativo, uma vez que, alcançou os valores de $25,0\% \pm 1,2\%$ do tempo total de percurso e $32,0\% \pm 1,6\%$ do tempo efetivo de percurso. Também, imagina-se que após a possível introdução deste sistema os valores destas porcentagens possa, possivelmente, ser ainda maior. Isto por que, com o sistema espera-se que ocorreria uma diminuição do tempo perdido com aceleração e desaceleração do ônibus, fator desconsiderado no presente estudo.

O trabalho limita-se aos trechos estudados, com coletas dentro da mesma faixa de horário e dias estudados. Porém, acredita-se que os valores encontrados no referente trabalho podem ser utilizados como valores base para determinação do possível tempo de redução do tempo de percurso de outros ônibus dos eixos estruturais do sistema BRT de Curitiba.

Quanto a análise das vantagens, desvantagem e dificuldades da introdução do sistema o método de coleta de dados não propiciou uma boa identificação qualitativa desta análise. Houve, por outro lado, a percepção de alguns fatores que podem ser, possivelmente, os principais causadores da significativa alta perda de tempo em semáforos que por falta de dados comprobatórios não serão expostos neste trabalho, mas que estão sugeridos como sugestões para futuros trabalhos.

5.2 A SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros fazem-se as seguintes propostas: estudo da lógica do funcionamento do semáforo para cada ponto de cruzamento; estudo das readequações necessárias nos pontos de cruzamento e vias paralelas; estudo do custo da introdução do sistema e equipamento sugerido neste trabalho estudo da economia que é gerada em função da possível redução de combustível e desgaste das pastilhas de freio devido à menor quantidade de paradas e acelerações devido ao sistema e equipamento proposto neste trabalho; estudo do tempo de parada dos ônibus em cada semáforo dos eixos estruturais do sistema BRT de Curitiba.

E ainda, dado que este trabalho limitou-se em coletar dados em apenas uma faixa de tempo em um específico dia da semana, sugere-se, ainda, para futuros trabalhos, uma pesquisa mais aprofundada com outras faixas de horário de coleta de dados.

REFERÊNCIAS

ANTD – Associação Nacional de Transportes Públicos, **Relatório Geral 2012 – Sistema de Informações da Mobilidade Urbana**, 2014.

BRTBRASIL, O que é BRT?. Disponível em: <http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt/oquebrt#.Uxu66rXSDDU>. Acesso em: 09 de mar. 2014.

FABRIS, J.L.; MULLER, M. **Fundamentos da Física Experimental**, 2012.

IPPUC – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba, **Plano de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado de Curitiba**, 2008.

_____. **Crescimento da Frota de Veículos Automotores, por Município, na RMC, 2012 desde 1998**. Disponível em: http://ippucweb.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em: 26 fev. 2014a.

_____. **Eixos da RIT com Extensão, Frota, Viagens e Ano de Implantação em Curitiba, 2007**. Disponível em: http://ippucweb.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em: 19 mar. 2014d.

_____. **Evolução de População, Passageiros e Taxa Média de Crescimento em Curitiba, 2007 desde 1990**. Disponível em: http://ippucweb.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em: 19 mar. 2014c.

_____.- **Mapa Rede Integrada de Transporte em Curitiba e RMC**. Disponível em: http://ippucweb.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em: 26 fev. 2014e.

_____. **Resumo Operacional da Rede Integrada de Transporte – RIT (2006)**. Disponível em: http://ippucweb.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm. Acesso em: 26 fev. 2014b.

ITDP - Institute for Transportation & Development Policy, **Manual de BRT**, (2008).

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano, **Estudos de BRT no Brasil**, 2011.

OLIVEIRA, U.J. de F., **Proposta de Implantação de Sistema de Transporte de Passageiros do Tipo Monotrilho na Região Metropolitana de Vitória**. 2009. IFES - Instituto Federal do Espírito Santo.

URBS – Urbanização de Curitiba, **Biarticulado Leste – Oeste**. Disponível em: www.urbs.curitiba.pr.gov.br. Acesso em: 13 de mar. 2014a.

_____. **Itinerário Linha Centenário – Campo Comprido**, acesso em: urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/itinerarios, Acesso em: 13 de mar. 2014b.

_____. **Descritivo de Itinerários Linhas Urbanas-Curitiba**, disponível em: <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/itinerarios>. Acesso em: 13 de mar. 2014c.

_____. **Resumo Operacional da Rede Integrada de Transporte – RIT (2014)**. Disponível em: urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/44. Acesso em: 15 de ago. 2014d.

VUOLO, J.H., **Fundamentos da Teoria de Erros**. 2ª edição. Edgard Blücher: São Paulo, 2002.

ANEXO A – ITINERÁRIO CENTENÁRIO – CAMPO COMPRIDO

303-CENTENÁRIO/C. COMPRIDO

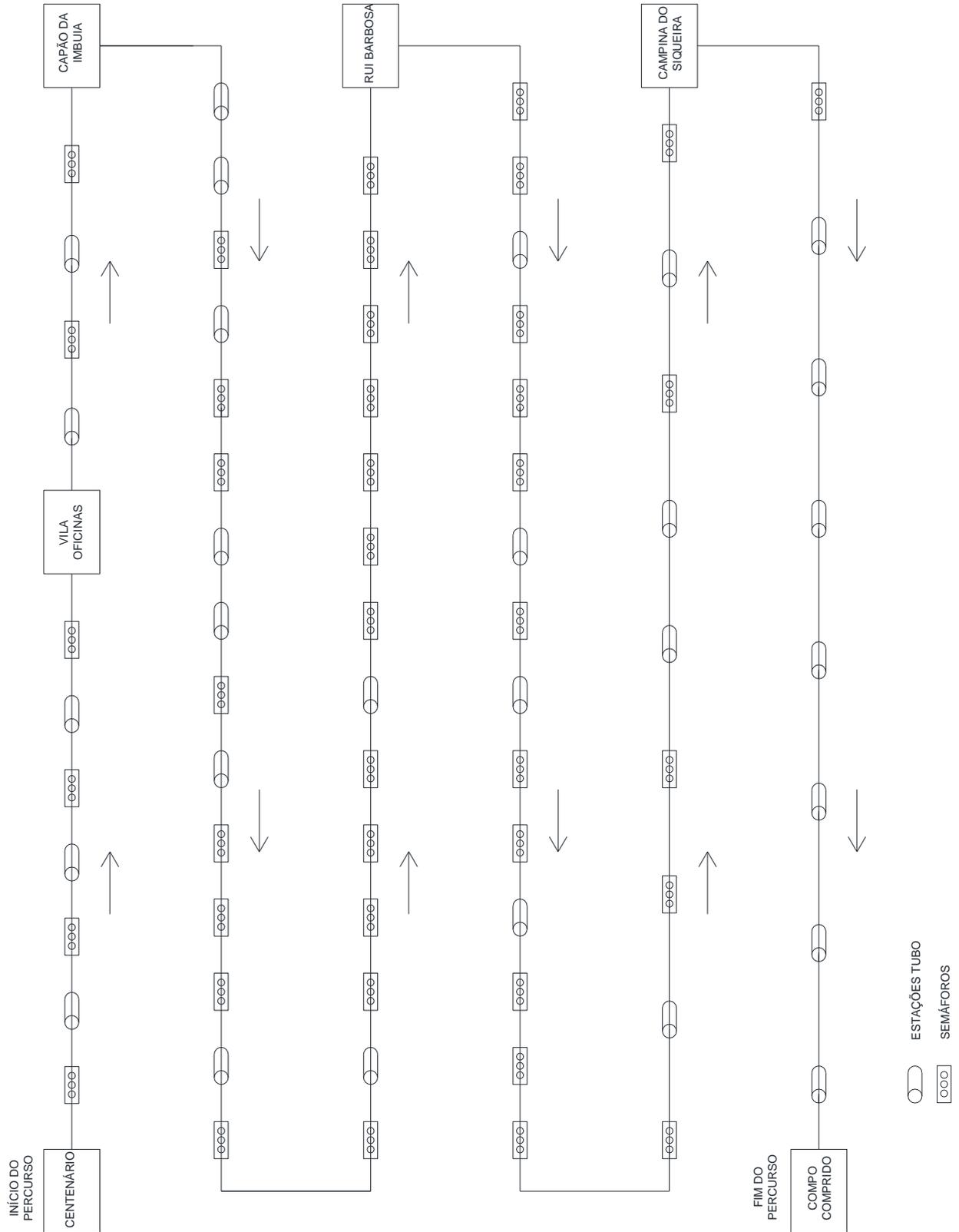
IDA

TERMINAL CENTENÁRIO
 RUA FILIPINAS
 RUA ENGENHEIRO COSTA BARROS
 ESTAÇÃO TUBO CÁTULO DA PAIXÃO
 CEARENSE
 ESTAÇÃO TUBO CAJURU
 ESTAÇÃO TUBO TEÓFILO OTONI
 TERMINAL VILA OFICINAS
 RUA ENGENHEIRO COSTA BARROS
 ESTAÇÃO TUBO ANTONIO M. SOBRINHO
 RUA DESEMBARGADOR MERCER
 JUNIOR
 AVENIDA PRESIDENTE AFFONSO
 CAMARGO
 ESTAÇÃO TUBO GERMÂNIA
 TERMINAL CAPÃO DA IMBUIA
 AVENIDA PRESIDENTE AFFONSO
 CAMARGO
 ESTAÇÃO TUBO PROF. M. A. TEIXEIRA
 ESTAÇÃO TUBO DEL. AMAZOR PRESTES
 ESTAÇÃO TUBO URBANO LOPES
 ESTAÇÃO TUBO JD. BOTÂNICO
 ESTAÇÃO TUBO HOSPITAL CAJURU
 ESTAÇÃO TUBO V. CAPANEMA
 ESTAÇÃO TUBO RODOFERROVIÁRIA
 ESTAÇÃO TUBO MARIANO TORRES
 AVENIDA SETE DE SETEMBRO
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA EUFRÁSIO
 CORREIA
 RUA LOURENCO PINTO
 RUA PEDRO IVO
 PRAÇA RUI BARBOSA
 RUA VISCONDE DE NACAR
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA OSÓRIO
 RUA PROFESSOR FERNANDO MOREIRA
 ESTAÇÃO TUBO VISCONDE DE NACAR
 ESTAÇÃO TUBO BRIGADEIRO FRANCO
 ESTAÇÃO TUBO PRES. TAUNAY
 RUA PADRE ANCHIETA
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA DA UCRÂNIA
 ESTAÇÃO TUBO BRUNO FILGUEIRA
 ESTAÇÃO TUBO BIGORRILHO
 ESTAÇÃO TUBO GASTÃO CÂMARA
 TERMINAL CAMPINA DO SIQUEIRA
 RUA DEPUTADO HEITOR ALENCAR
 FURTADO
 ESTAÇÃO TUBO MAJOR HEITOR
 GUIMARÃES
 ESTAÇÃO TUBO RIO BARIGUI
 ESTAÇÃO TUBO PAULO GORSKI
 ESTAÇÃO TUBO SÃO GRATO
 ESTAÇÃO TUBO MOSSUNGUÊ
 ESTAÇÃO TUBO IMPERIAL
 ESTAÇÃO TUBO U.S CAMPO COMPRIDO
 TERMINAL CAMPO COMPRIDO

VOLTA

TERMINAL CAMPO COMPRIDO
 RUA DEPUTADO HEITOR ALENCAR
 FURTADO
 ESTAÇÃO TUBO U.S CAMPO COMPRIDO
 ESTAÇÃO TUBO IMPERIAL
 ESTAÇÃO TUBO MOSSUNGUÊ
 ESTAÇÃO TUBO SÃO GRATO
 ESTAÇÃO TUBO PAULO GORSKI
 ESTAÇÃO TUBO RIO BARIGUI
 ESTAÇÃO TUBO MAJOR HEITOR
 GUIMARÃES
 TERMINAL CAMPINA DO SIQUEIRA
 RUA PADRE ANCHIETA
 ESTAÇÃO TUBO GASTÃO CÂMARA
 ESTAÇÃO TUBO BIGORRILHO
 ESTAÇÃO TUBO BRUNO FILGUEIRA
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA DA UCRÂNIA
 RUA PROFESSOR FERNANDO MOREIRA
 ESTAÇÃO TUBO PRES. TAUNAY
 ESTAÇÃO TUBO BRIGADEIRO FRANCO
 ESTAÇÃO TUBO VISCONDE DE NACAR
 RUA VISCONDE DE NACAR
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA OSÓRIO
 PRAÇA RUI BARBOSA
 RUA ALFERES POLI
 AVENIDA SETE DE SETEMBRO
 ESTAÇÃO TUBO PRAÇA EUFRÁSIO
 CORREIA
 AVENIDA PRESIDENTE AFFONSO
 CAMARGO
 ESTAÇÃO TUBO MARIANO TORRES
 ESTAÇÃO TUBO RODOFERROVIÁRIA
 ESTAÇÃO TUBO V. CAPANEMA
 ESTAÇÃO TUBO HOSPITAL CAJURU
 ESTAÇÃO TUBO JD. BOTÂNICO
 ESTAÇÃO TUBO URBANO LOPES
 ESTAÇÃO TUBO DEL. AMAZOR PRESTES
 ESTAÇÃO TUBO PROF. M. A. TEIXEIRA
 TERMINAL CAPÃO DA IMBUIA
 AVENIDA PRESIDENTE AFFONSO
 CAMARGO
 ESTAÇÃO TUBO GERMÂNIA
 RUA DESEMBARGADOR MERCER
 JUNIOR
 RUA ENGENHEIRO COSTA BARROS
 ESTAÇÃO TUBO ANTONIO M. SOBRINHO
 TERMINAL VILA OFICINAS
 RUA ENGENHEIRO COSTA BARROS
 ESTAÇÃO TUBO TEÓFILO OTONI
 ESTAÇÃO TUBO CAJURU
 ESTAÇÃO TUBO CÁTULO DA PAIXÃO
 CEARENSE
 RUA FILIPINAS
 TERMINAL CENTENÁRIO

APÊNDICE A – DADOS E RESULTADOS DA VIAGEM PILOTO



APÊNDICE B – DISTRIBUIÇÃO GAUSSIANA DOS DADOS COLETADOS

