

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

**RAQUEL SOMMER VIANNA**

**ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS  
QUE DIMINUAM A QUANTIDADE DE PARADAS DOS ÔNIBUS DE  
TRANSPORTE PÚBLICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2014**

**RAQUEL SOMMER VIANNA**

**ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS  
QUE DIMINUAM A QUANTIDADE DE PARADAS DOS ÔNIBUS DE  
TRANSPORTE PÚBLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Janine Nicolosi  
Correa

**CURITIBA**

**2014**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa

Nome da Diretoria  
Nome da Coordenação  
Nome do Curso



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DE ALTERNATIVAS INTELIGENTES QUE DIMINUAM A QUANTIDADE DE PARADAS DOS ÔNIBUS DE TRANSPORTE PÚBLICO

por

RAQUEL SOMMER VIANNA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 29 de setembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Janine Nicolosi Corrêa  
Prof.<sup>a</sup> Orientadora

---

Wellington Mazer  
Membro titular

---

Fernando Guajará Greenberg  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, que é aquele que me fortalece para a conquista de cada nova etapa; à minha família por sua compreensão e por me ajudarem a enfrentar a pressão de realizar um trabalho que exigisse tempo e esforço; Ao meu amor, por ter me acompanhado na maioria das coletas de dados *in loco* e por me incentivar a me dedicar e sempre seguir em frente; à minha professora orientadora, Janine Nicolosi, por ter feito desse trabalho possível, sempre me instruindo em cada etapa da pesquisa e da manipulação dos dados.

## RESUMO

Os meios de transporte são elementos muito importantes na história do mundo, na atualidade eles são indispensáveis devido à rapidez requerida em todos os processos do tempo presente. O transporte coletivo é uma solução há tempos utilizada com este intuito. O transporte gera muitos gastos e é importante considerar todas as maneiras possíveis de amenizar este gasto. Alternativas que diminuam a quantidade de frenagens dos ônibus, por exemplo, poderiam auxiliar para aumentar o tempo entre manutenções do automóvel e maior tempo de vida dos materiais envolvidos. Para esta análise, utilizou-se levantamentos de dados in loco ou com ferramentas digitais para descobrir a quantidade de paradas de ônibus de linha expresso, da cidade de Curitiba, que poderiam ser evitadas. Com os dados coletados foi possível fazer uma análise comparativa para tentar comprovar a validade da aplicação de alternativas que diminuam a quantidade de paradas dos ônibus de transporte público.

Palavras-chave: transporte, economia, biarticulado, semáforo

## **ABSTRACT**

The means of transport are very important elements in the history of the world, in actuality they are indispensable due to the required speed in all processes of the present time. Mass transit is a long time solution used for this purpose. Transport generates many expenses and it is important to consider all possible ways to mitigate this expense. Alternatives that reduce the amount of braking of the buses for example, could help to increase the time between servicing of the automobile and longer life of the materials involved. For this analysis, we used survey data on the spot or with digital tools to discover the amount of bus stops express line, from the city of Curitiba, which could be avoided. with the collected data was possible to make a comparative analysis to try to prove the validity of the application of alternatives that reduce the number of stops of public transport buses

Keywords: transportation, economy, biarticulated, traffic light

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Estação Central Curitiba - PR .....	<b>14</b>
<b>Figura 2</b> - Gráfico dos custos (em reais) relativos à manutenção para cada quilômetro rodado dos ônibus .....	<b>19</b>
<b>Figura 3</b> - Ônibus biarticulado modelo Volvo B12M .....	<b>21</b>
<b>Figura 4</b> - Tabela de Registro do comportamento dos ônibus na saída das estações.....	<b>26</b>
<b>Figura 5</b> - Itinerário da linha Centenário/Campo Comprido .....	<b>30</b>
<b>Figura 6</b> - Itinerário da linha Capão Raso/ Santa Cândida .....	<b>32</b>
<b>Figura 7</b> - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Central .....	<b>34</b>
<b>Figura 8</b> - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Praça Carlos Gomes ...	<b>35</b>
<b>Figura 9</b> - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Alferes Poli .....	<b>36</b>
<b>Figura 10</b> - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Bom Jesus .....	<b>37</b>
<b>Figura 11</b> - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Viaduto Capanema ...	<b>38</b>
<b>Figura 12</b> – Somatório dos resultados .....	<b>38</b>
<b>Figura 13</b> – Gráfico com a representação dos resultados do somatório .....	<b>39</b>
<b>Figura 14</b> – Quantidade de semáforos abertos e fechados .....	<b>40</b>
<b>Figura 15</b> – Tabela com as frequências dos intervalos de dados discretos .....	<b>40</b>
<b>Figura 16</b> – Representação gráfica das frequências dos intervalos dos dados discretos .....	<b>41</b>
<b>Figura 17</b> – Tabela de cálculo das médias de semáforos abertos e fechados .....	<b>42</b>
<b>Figura 18</b> – Valor da média dos semáforos fechados em porcentagem.....	<b>42</b>
<b>Figura 19</b> – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Centenário/Campo Comprido, sem uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo .....	<b>43</b>
<b>Figura 20</b> – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Capão Raso/Santa Cândida, sem uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo .....	<b>45</b>
<b>Figura 21</b> – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Centenário/Campo Comprido, com uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo .....	<b>47</b>
<b>Figura 22</b> – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Capão Raso/Santa Cândida, com uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo .....	<b>50</b>
<b>Figura 23</b> – Quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro .....	<b>52</b>

<b>Figura 24</b> – Quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro .....	<b>52</b>
<b>Figura 25</b> – Quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro .....	<b>52</b>
<b>Figura 26</b> – Quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro .....	<b>53</b>



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. DESENVOLVIMENTO.....	14
3.1 A HISTÓRIA DO TRANSPORTE PÚBLICO.....	14
3.2 COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS DO TRANSPORTE PÚBLICO.....	15
3.2.1 Combustível.....	16
3.2.2 Lubrificantes.....	16
3.2.3 Rodagem.....	17
3.2.4 Peças, acessórios e serviços de terceiros relativos à manutenção.....	17
3.3 URBS.....	17
3.4 ÔNIBUS BIARTICULADOS.....	17
3.4.1 Volvo B12M.....	18
3.5 FRENAGEM.....	19
3.6 TEORIA DOS ERROS.....	20
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	22
4.1 ITINERÁRIO.....	22
4.2 QUANTIFICAÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE PARADAS CONSECUTIVAS.....	22
4.3 REGISTRO DO COMPORTAMENTO DOS ÔNIBUS NA SAÍDA DAS ESTAÇÕES TUBO.....	23
4.4 OBSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMÁFOROS QUE OS ÔNIBUS PEGAM ABERTOS E DA QUANTIDADE DE FECHADOS.....	24
4.5 CÁLCULO DA MÉDIA DE OCORRÊNCIAS DE SEMÁFOROS ABERTOS E FECHADOS.....	25
4.6 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS.....	25
4.7 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS COM APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO PARA AS PARADAS CONSECUTIVAS (EM ESTAÇÕES TUBO PRÓXIMAS A SEMÁFOROS).....	25
4.8 CÁLCULO DO ERRO NOS SOMATÓRIOS DE PARADAS.....	26
4.9 VISUALIZAÇÃO DE INTERVALOS E ERROS.....	26
5. RESULTADOS.....	27
5.1 ITINERÁRIOS.....	27
5.1.1 Centenário/Campo Comprido.....	27
5.1.2 Capão Raso/ Santa Cândida.....	29
5.2 QUANTIFICAÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE PARADAS CONSECUTIVAS.....	31
5.2.1 Centenário/Campo Comprido.....	31
5.2.2 Capão Raso/ Santa Cândida.....	31
5.3 COMPORTAMENTO DOS ÔNIBUS NA SAÍDA DO TUBO.....	31

5.3.1	Estação Central .....	31
5.3.2	Estação Praça Carlos Gomes.....	32
5.3.3	Estação Praça Alferes Poli .....	33
5.3.4	Estação Bom Jesus .....	34
5.3.5	Estação Viaduto Capanema .....	35
5.4	TOTAL.....	36
5.5	OBSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMÁFOROS QUE OS ÔNIBUS PEGAM ABERTOS E DA QUANTIDADE DE FECHADOS .....	37
5.6	MÉDIA DO NÚMERO DE SEMÁFOROS ABERTOS E FECHADOS .....	38
5.6.1	Comprovação do uso da teoria dos erros para o cálculo da média .....	38
5.6.2	Cálculo da média .....	39
5.7	CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS.....	41
5.7.1	Linha Centenário/Campo Comprido .....	41
5.7.2	Linha Capão Raso/ Santa Cândida .....	43
5.8	CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS COM APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO PARA AS PARADAS CONSECUTIVAS (EM ESTAÇÕES TUBO PRÓXIMAS A SEMÁFOROS).....	45
5.8.1	Linha Centenário/ Campo Comprido .....	45
5.8.2	Linha Capão Raso/Santa Cândida .....	47
5.9	VISUALIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM INTERVALOS DE ERRO .....	50
5.9.1	Linha Centenário/ Campo Comprido .....	50
5.9.2	Linha Capão Raso/ Santa Cândida .....	50
6.	Conclusões.....	52
	Sugestões para trabalhos futuros .....	53
	Referências.....	54

## 1 INTRODUÇÃO

Observa-se que o custo das passagens do transporte público urbano (TPU), tem sido um assunto várias vezes enfatizado no contexto brasileiro. O ano de 2013 foi marcado por manifestações em toda a nação, sendo que uma das premissas era a exigência de menores tarifas nos transportes públicos ou, até mesmo, seu total subsídio pelo governo. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013), em 2009 as famílias com renda per capita abaixo do 1º. decil (10% mais pobres) comprometiam cerca de 13,5% da sua renda com o TPU e as do estrato seguinte (entre o 1º. e o 2º. decil) cerca de 10,3%.

A cidade de Curitiba é conhecida pelo seu sistema de TPU. O urbanista Jaime Lerner foi premiado, em 2011, pelo Fórum Internacional de Transporte (FIT) por suas inovações em reformas no transporte público urbano. Porém, nota-se que com o acentuado crescimento da cidade nos últimos anos, as reformas iniciadas em 1991, já não têm a mesma eficiência e seu custo não têm agradado a população. Desta maneira, é de extrema importância que sejam estudadas alternativas de redução de custos dos TPUs, para que conseqüentemente seja possível a redução das suas tarifas.

Sabe-se que os transportes urbanos envolvem muitos gastos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) os gastos das famílias brasileiras com transporte quase se igualam aos gastos com alimentação. Isto tornam interessantes quaisquer formas de economia no setor, que se acharem possíveis.

Segundo a Urbanização de Curitiba S.A (URBS, 2014), os insumos componentes dos custos do transporte coletivo são: óleo diesel e lubrificantes, rodagem (consumo de pneus, câmaras, protetores e recauchutagem), pessoal e benefícios, depreciação de peças e acessórios e rentabilidade.

Sabe-se que os gastos de manutenção representam parte considerável nos custos totais dos transportes coletivos, pois os ônibus que fazem parte dos transportes urbanos são sobrecarregados em tempo de utilização e em carga transportada, o que provoca o desgaste acelerado de materiais como lonas de freio e pneus, além do combustível consumido.

Ao se observar os itinerários dos ônibus da cidade de Curitiba, nota-se que por diversas vezes, o ponto de parada localiza-se próximo ao semáforo sendo, então, necessária a realização de duas paradas consecutivas. Este fato é um dos

responsáveis pela degradação extra de componentes do sistema mecânico dos veículos. A figura 1 representa o problema citado.



Figura 1 - Estação Central Curitiba – PR  
FONTE: Adaptada de SINGH (2014)

É provável que a implantação de alternativas que evitem essas paradas adicionais (que não para embarque e desembarque de passageiros) representem uma economia considerável ao setor.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a possibilidade de aplicação de alternativas para a questão das paradas consecutivas dos ônibus de linha, em função da proximidade dos pontos de ônibus aos semáforos, através da análise de linhas expressas de Curitiba.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a ocorrência de paradas consecutivas dos ônibus em estações tubo próximas à semáforos.
- Comparar a quantidade de paradas dos ônibus de linha expresso sem uso de alternativas para as paradas consecutivas dos ônibus nas estações tubo próximas a semáforos com a quantidade com uso de alternativas.

### 3 DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 A HISTÓRIA DO TRANSPORTE PÚBLICO

Segundo o Boletim Informativo nº 58 da BIB/CRE (2004), os transportes públicos são veículos que deslocam um grande número de passageiros, na cidade ou fora dela, com o pagamento de uma tarifa. Esta pode ser paga durante a utilização, ou antes. Existem vários veículos de transporte público, dentre eles pode-se citar os taxis, trens, ônibus, entre outros, que são ditos públicos pela sua disponibilidade à toda e qualquer pessoa.

Segundo o mesmo boletim, as primeiras vias de transporte foram construídas pelos romanos, com o objetivo de transportar exércitos, mas apesar disso o transporte terrestre desenvolveu-se lentamente. Por muito tempo, os meios de transporte eram restritos à utilização de animais e raramente passavam dos 16 km/h.

As primeiras carruagens públicas, surgiram em Paris e começaram a circular em 1662. Estes veículos tinham lugar para oito passageiros, os cocheiros se vestiam de acordo com o itinerário de sua linha e o custo deste transporte era alto. Não se conhecem os motivos pelos quais a ideia não foi adiante naquele momento (NUNES, 2007).

Segundo o mesmo autor, em 1825 o dono de uma casa de banhos em Nantes, na França, percebeu a falta de fregueses devido à distância. Começou então a oferecer condução aos moradores e usuários de seu estabelecimento, colocando em tráfego, um carro comprido, puxado a cavalo, cujo percurso ia do centro da cidade de Nantes até a casa de banhos. Em pouco tempo a maior parte dos passageiros utilizava a condução para se locomover de um lugar a outro, e não para usar a casa de banhos. Então o dono da casa de banhos a fechou e começou a trabalhar somente com o transporte, mediante cobrança de passagens.

De acordo com o boletim da BIB/CRE (2004), com o crescimento das áreas urbanas na revolução industrial as pessoas começaram a morar cada vez mais longe de seus trabalhos, dessa forma foi-se aumentando a necessidade de um sistema de transporte público urbano. Então começou-se a utilizar veículos de transporte público elétricos, cuja energia era fornecida por cabos suspensos de eletricidade. Estes se transformaram na principal modalidade de transporte público urbano, durante as primeiras três décadas do século vinte.

Os veículos elétricos acabaram substituindo algumas linhas de estrada de ferro urbanas de curta-distância. As estradas de ferro passaram então a ser utilizadas em transportes de maiores distâncias, conforme cita ainda o boletim.

No mesmo boletim também há referência ao fato de que os automóveis começaram a ter maior desenvolvimento e utilização a partir de 1910. Foram utilizados inicialmente em áreas rurais e zonas das cidades que não eram servidas pelos ônibus elétricos. Porém, em 1920 começaram a substituir os demais tipos de transporte terrestre com exceção das linhas de ferro de grande utilização.

Segundo Nunes (2007), o primeiro ônibus de motor a combustível do mundo que se tem notícia, foi criado em 1895, por Carl Benz. Nesse período, o trem era o principal transporte coletivo. No Brasil, utilizou-se do bonde com tração animal até meados de 1900.

O autor mencionado também afirma que as primeiras jardineiras chegaram ao Brasil em 1919, com lugar para oito pessoas e eram ônibus montados sobre caminhões. A partir de 1926 foram importadas as jardineiras chamadas de *Yellow Coach*. Mas, o primeiro ônibus brasileiro só foi fabricado em 1941 pelos irmãos Grassi, com capacidade para 45 pessoas.

Os primeiros chassis nacionais foram fabricados pela Mercedes Benz, nos anos 50. O caminhão F-600 lançado pela Ford no Brasil em 1957, também foi muito utilizado para a transformação em ônibus, já que era o primeiro caminhão brasileiro movido à gasolina. A partir dos anos 70, os chassis e a suspensão foram construídos pensando no transporte de passageiros, dando conforto aos usuários. A abertura de mercado e a globalização permitiram a troca de experiências e a indústria nacional ganhou impulso (NUNES, 2007).

### 3.2 COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS DO TRANSPORTE PÚBLICO

Os dados deste item foram todos retirados do site da URBS Curitiba (URBS, 2014). A URBS é a empresa responsável, na cidade de Curitiba, pelos processos que envolvem o transporte público, desde o planejamento à operação e fiscalização.

Na Figura 2 é mostrado o gráfico com o valor (em reais) que cada item contribui na composição do preço da tarifa de transporte.

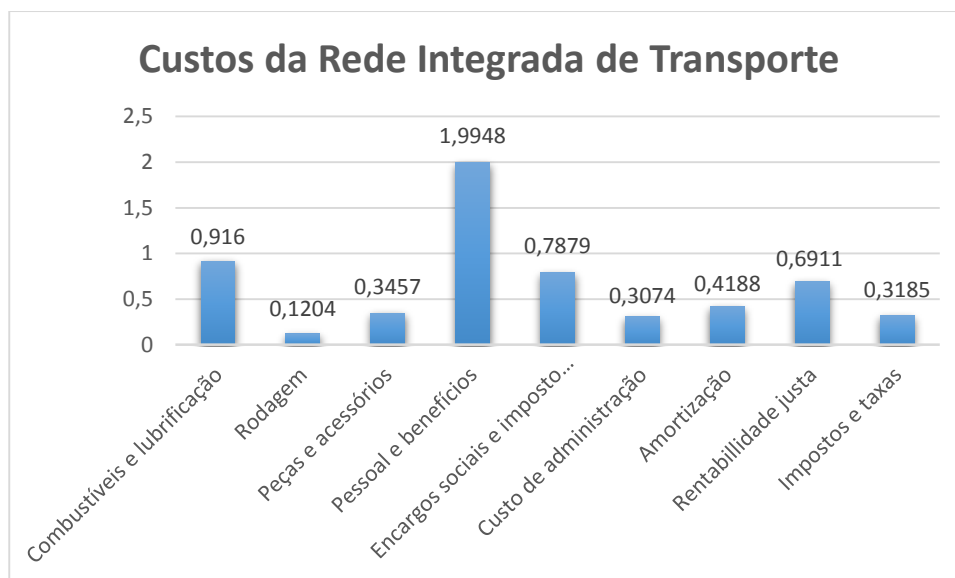


Figura 2 - Gráfico dos custos (em reais) relativos à manutenção para cada quilômetro rodado dos ônibus.

Fonte: Adaptado de URBS (2014)

Analisando-se a figura 2, nota-se que R\$ 1,38 são referentes ao abastecimento de combustível e à manutenção para o bom funcionamento do veículo (Ítems: Combustíveis e lubrificação; Rodagem; Peças e acessórios), o que equivale a 23,42% dos custos por quilometro rodado.

### 3.2.1 Combustível

De acordo com a URBS, para estabelecer os gastos com combustível, utilizam-se parâmetros médios máximos, de acordo com o histórico dos veículos da Rede Integrada de Transporte (RIT), para definir o consumo de cada tipo de ônibus. O preço unitário do Diesel é de acordo com o valor médio de compra, levantado pela Agência Nacional do Petróleo.

### 3.2.2 Lubrificantes

O site da URBS cita que de acordo com os parâmetros históricos da RIT, para o custo relativo ao consumo de óleos motores, diferenciais e caixa; fluidos de freio e graxa é considerado o parâmetro máximo de 4% do consumo de óleo diesel.



### 3.2.3 Rodagem

Com relação à rodagem, são considerados, segundo a URBS, os custos de consumo de pneus, câmaras, protetores e recauchutagem, calculado de acordo com parâmetros históricos da RIT. O preço dos insumos são considerados de acordo com o preço de mercado.

### 3.2.4 Peças, acessórios e serviços de terceiros relativos à manutenção

O valor destinado à manutenção dos veículos (preventivas ou corretivas), relacionado as peças, acessórios e serviços de manutenção é calculado com o percentual máximo de 8% do valor do veículo sem rodagem ao ano, isto é considerado de acordo com parâmetros históricos da RIT, conforme o site da URBS.

## 3.3 URBS

Segundo seu próprio site institucional, a URBS é a empresa que em Curitiba é responsável pelo transporte público urbano envolvendo seu planejamento, operações e a sua fiscalização. Foi criada em 1963 com o nome de Companhia de Urbanização e Saneamento de Curitiba à qual foi atribuída a função de administrar recursos públicos destinados ao desenvolvimento de obras de infraestrutura, programas de equipamentos urbanos e atividades relacionadas ao desenvolvimento urbano da cidade. Em 1966 a URBS ficou somente com a área relacionada à urbanização, mudando seu nome para Companhia de Urbanização de Curitiba. A gerência do Sistema de Transporte Coletivo de Curitiba passou a ser feita pela URBS em 1986, e em 1989 passou a gerenciar também serviços de Táxi e Transporte escolar.

## 3.4 ÔNIBUS BIARTICULADOS

Sabe-se que os ônibus biarticulados são aqueles que possuem duas articulações semelhantes a sanfonas. Devido à esta característica, podem ter maiores comprimentos e, conseqüentemente, comportar maior número de passageiros.

Segundo Born (2014), os biarticulados passaram a ser utilizados em Curitiba no ano de 1992 com o objetivo de aumentar a capacidade do sistema expresso. Este sistema é operado na maioria do tempo em canaleta exclusiva e suas paradas são feitas em estações tubo com embarque em nível e sem cobradores e catracas no interior do veículo. Segundo a URBS (2014) os primeiros biarticulados possuíam 25m de extensão e capacidade para 220 passageiros. Com o passar dos anos a linha Norte/Sul e a Leste/Oeste foram substituídas por ônibus biarticulados. Em 2011 foram lançados os ônibus biarticulados azuis com 28m de extensão e capacidade para 250 passageiros.

Os modelos de biarticulados utilizados em Curitiba, segundo Born, são da empresa Volvo. O modelo mais atual e mais comumente utilizado é o B12M

#### 3.4.1 Volvo B12M

Segundo o site da Via Circular, o modelo Volvo B12M foi fabricado de 2004 – 2012, possui quase 24 metros de comprimento do chassi, aproximadamente 2,5m de largura e motor a diesel. Possui sistema Volvo de freios a disco em todos os eixos (EBS5 – Electronic Braking System), que possui os sistemas ABS (Anti-lock Braking System – controle contra deslizamento) e ASR (Acceleration Slip Regulation – controle de tração).



Figura 3 - Ônibus biarticulado modelo Volvo B12M  
Fonte: Berata (2014)

### 3.5 FRENAGEM

Segundo Lamb (2008), o sistema de freios é formado por todos os equipamentos envolvidos no processo de reduzir a velocidade ou parar totalmente o veículo. Segundo ele, esse sistema pode ser dividido em quatro subsistemas:

- Subsistema de fonte de energia, que é responsável pela produção e disponibilidade da energia necessária ao funcionamento dos freios, ou seja, pedal de freio, alavanca do freio traseiro e *power brake*;
- Subsistema de aplicação, que é responsável pela modulação do nível de frenagem aplicado, ou seja, cilindro mestre e válvula de combinação;
- Subsistema de transmissão, que é o que leva energia do subsistema de aplicação às rodas, ou seja, mangueira de freio e o cabo do freio de estacionamento;
- Subsistema de rodas e freios primários, que é responsável direto pela oposição do veículo ao movimento, ou seja, discos e tambores de freio das rodas dianteiras e traseiras.

O artigo de Lamb também explica que os tipos de freio são agrupados de acordo com a sua forma geométrica, podendo ser à disco ou à tambor. O mais utilizado atualmente é o freio à disco, que funciona por meio de pastilhas que são pressionadas axialmente contra o disco de freio, esse sistema proporciona uma menor distância de parada.

Segundo Samahá (2000) o fluido de freio é o responsável por transmitir a pressão que aciona as pastilhas contra os discos, além de lubrificar e proteger componentes metálicos da corrosão. Com a utilização, o fluido perde suas propriedades e necessita ser trocado periodicamente. Samahá também cita a importância de se trocar as pastilhas do freio e retificar os discos, quando necessário.

### 3.6 TEORIA DOS ERROS

Segundo Tabacniks (2009), professor da Universidade de São Paulo (USP), medir implica em comparar uma característica de um sistema, como comprimento e volume, com referências tidas como padrão (unidades), como metros, segundos, quilogramas, etc.

O valor de uma grandeza submetida a medição costuma ser adquirido através de um procedimento que normalmente envolve um ou mais instrumentos de medição, porém tanto o processo de medição, como o instrumento utilizado tem limites em sua precisão, portanto toda a medida realizada possui uma incerteza. Alguns aparelhos já vem com a incerteza marcada. Se isso não acontecer, aconselha-se utilizar a metade do menor valor. A incerteza é importante na hora de se comparar resultados (TABACNICKS, 2009).

Conforme o INMETRO (1998), os termos “erro” e “incerteza” não são sinônimos. O erro é originado das imperfeições de uma medição, ele pode ser classificado em dois componentes: erro aleatório e erro sistemático. O aleatório tem origem em variações imprevisíveis, esses efeitos são a causa de variações em observações repetidas do observador. Aumentando-se o número de observações diminui-se este tipo de erro. O erro sistemático é a diferença entre uma medição e o valor médio verdadeiro, em geral, não pode ser eliminado, mas pode eventualmente ser reduzido.

Para encontrar-se o erro calcula-se a média das medidas por meio da Equação 1, e o desvio padrão por meio da Equação 2.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Depois disso, calcula-se o intervalo da média  $\bar{x}$  mais ou menos o valor do desvio padrão. Observa-se, então, as medidas que estiverem fora deste intervalo. Na sequência, deve ser feita a relação entre as medidas fora do intervalo e as dentro, caso esse valor dê próximo de 68%, pode-se dar continuidade, caso esse valor dê maior que os 68% é preciso retirar as medidas que estão fora do intervalo e refazer os cálculos até que o valor da relação fora/dentro do intervalo seja próxima de 68%. A partir disto, calcula-se o erro final através da equação 3.

$$\sigma_F = \sqrt{\sigma_M + \sigma_S} \quad (3)$$

$$\sigma_M = \frac{\sigma_p}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$\sigma_S$  = erro sistemático (fornecido pela ferramenta de medição ou  $\frac{1}{2}$  da menor medida)

Através deste cálculo, obtém-se a média da medição e a variação do erro.

Para obter-se o valor do erro em um somatório, utiliza-se a Equação 5, para a qual consideram-se todas as incidências de valores com erros como variáveis.

$$\sigma_w^2 = \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + \dots \quad (5)$$

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para esta análise foram observadas, principalmente, as seguintes linhas expressas de ônibus de transporte público da cidade de Curitiba: Santa Cândida/Capão Raso e Campo Comprido/ Centenário, as mesmas foram escolhidas por representarem os eixos norte/ sul e leste/ oeste de Curitiba. Porém, para coleta de alguns dos dados foram observadas estações de outras linhas que não alteram as informações necessárias à pesquisa. Foram verificados alguns dados que serão citados a seguir.

### 4.1 ITINERÁRIO

Por meio de verificação pelo *software Google Earth*, foram montados dois itinerários indicando as estações tubo e terminais das linhas Santa Cândida/Capão Raso (sentido Santa Cândida) e Centenário/Campo Comprido (sentido Campo Comprido). O posicionamento de algumas estações tubo estava desatualizado segundo a 'vista de satélite', por isso foi necessária a utilização da 'vista da rua'. Também foi realizada uma tabela indicando as estações tubo (das mesmas linhas e sentidos) com a quantidade de semáforos entre elas.

### 4.2 QUANTIFICAÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE PARADAS CONSECUTIVAS

Na verificação pelo *software Google Earth*, foram identificadas as ocorrências onde os tubos de parada aparentavam estarem próximos dos semáforos. Depois, por meio da ferramenta régua do mesmo *software*, foram medidas as distâncias das paradas aos semáforos, e somente aquelas que foram menores ou iguais a 30 metros foram consideradas (lembrando que esta é a distância até o tubo e não até a faixa onde pára o ônibus, a distância até onde pára o ônibus é um valor variável, pois depende do comprimento do modelo do biarticulado, podendo esta distância ser até 7 m menor que a do tubo ao semáforo). Este valor foi escolhido por dar tempo suficiente para o ônibus sair do tubo com o sinal verde e passar pelo mesmo estando este ainda aberto, com sobra de tempo. Não foram consideradas as paradas em terminais, por estes não se encaixarem no escopo da pesquisa.

Em posse das quantidades desses tubos próximos ao semáforo, foi feita uma relação entre o número de estações que ocorre essa proximidade e o número total de estações.

#### 4.3 REGISTRO DO COMPORTAMENTO DOS ÔNIBUS NA SAÍDA DAS ESTAÇÕES TUBO

Foram analisados 5 tubos de ônibus de linha expressa:

- Estação central (ambos os sentidos);
- Estação praça Carlos Gomes (sentido único);
- Estação Alferes Poli (ambos os sentidos);
- Estação Bom Jesus (sentido Santa Cândida);
- Estação Viaduto Capanema (sentido Campo Comprido/Rui Barbosa).

Nessa análise foi observado o número de ocorrências das seguintes situações:

- Aberto/Aberto: quando o ônibus saía do tubo o sinal estava aberto, e quando alcançava o semáforo o mesmo permanecia aberto.
- Aberto/Fechado: quando o ônibus saía do tubo o sinal estava aberto, e quando alcançava o semáforo o mesmo estava fechado.
- Fechado/Fechado: quando o ônibus saía do tubo o sinal estava fechado, e quando alcançava o semáforo o mesmo permanecia fechado.
- Fechado/Aberto: quando o ônibus saía do tubo o sinal estava fechado, e quando alcançava o semáforo o mesmo estava aberto. (neste item também foram considerados os casos dos ônibus que furaram o sinal, mas não pararam).

Para isto foi utilizada uma tabela como a da figura 4.

Estação Exemplo				
Ônibus:				
Data:		Horário:		
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
TOTAL				

Figura 4 - Tabela de Registro do comportamento dos ônibus na saída das estações tubo e chegada ao semáforo.

#### 4.4 OBSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMÁFOROS QUE OS ÔNIBUS PEGAM ABERTOS E DA QUANTIDADE DE FECHADOS

Para este levantamento foi feita uma verificação *in loco*, na qual foram feitas 2 viagens de ida e 2 de volta com o ônibus expresso da linha Santa Cândida/ Capão Raso. Foram levantadas as quantidades de semáforos que estavam abertos quando o ônibus passou e a quantidade que estavam fechados.



#### 4.5 CÁLCULO DA MÉDIA DE OCORRÊNCIAS DE SEMÁFOROS ABERTOS E FECHADOS

Os semáforos observados foram divididos em grupos de dez dos quais foram somados os números de ocorrências de semáforos abertos e fechados. Os resultados de cada grupo foram unidos em uma tabela e com uso da teoria dos erros, foi calculada a média de semáforos fechados, com seu respectivo erro.

A média foi calculada com o uso da Equação 1.

O erro foi calculado extraindo-se o desvio padrão (Equação 2), com o valor do desvio padrão, foi calculado o desvio da média através da Equação 4.

Utilizando os dados obtidos, o erro final foi calculado através da Equação 3, considerando o erro sistemático ( $\sigma_s$ ) com valor 1.

Para comprovar o uso desse método, foi feito um gráfico com o intervalo de frequência dos dados discretos, que mostra a formação da gaussiana.

#### 4.6 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS

Em posse do valor médio de paradas nos semáforos comuns (distantes das estações tubo), o valor de ocorrência de ônibus saindo das estações tubo (próximas aos semáforos) e parando em seguida no semáforo fechado e considerando as estações tubo e terminais como paradas obrigatórias, foi feito um somatório para indicar o número de paradas que o ônibus realiza em um itinerário completo.

Para propagar o erro da média dos semáforos comuns fechados no somatório, cada incidência dessa média no somatório foi considerada como uma variável, na qual foi aplicada a equação 5 para descobrir-se o erro do mesmo.

#### 4.7 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS COM APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO PARA AS PARADAS CONSECUTIVAS (EM ESTAÇÕES TUBO PRÓXIMAS A SEMÁFOROS)

Foi realizada a mesma somatória das paradas totais, porém eliminado o valor das ocorrências de saídas das estações tubo (próximas aos semáforos) com o semáforo fechado e chegada ao semáforo estando ele ainda fechado.

#### 4.8 CÁLCULO DO ERRO NOS SOMATÓRIOS DE PARADAS

Com o conhecimento do valor do erro no dado de quantidade de semáforos comuns fechados, foi calculado também o erro dos somatórios com uso da Teoria dos Erros, para que fosse possível estabelecer se a média calculada era significativa em termos de resultado numérico, ou seja, se conseguia-se estabelecer faixas de probabilidade relacionadas a esta média.

#### 4.9 VISUALIZAÇÃO DE INTERVALOS E ERROS

Os dados finais obtidos nos somatórios foram colocados em linha, com seus devidos intervalos de erro. Através dessa visualização foi possível entender a relevância estatística dos dados estudados.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ITINERÁRIOS

#### 5.1.1 Centenário/Campo Comprido

A figura 5 representa o itinerário da linha expressa Centenário/Campo Comprido dando destaque às ocorrências de proximidade entre as estações tubo e os semáforos.

### Itinerário Linha Centenário/Campo Comprido

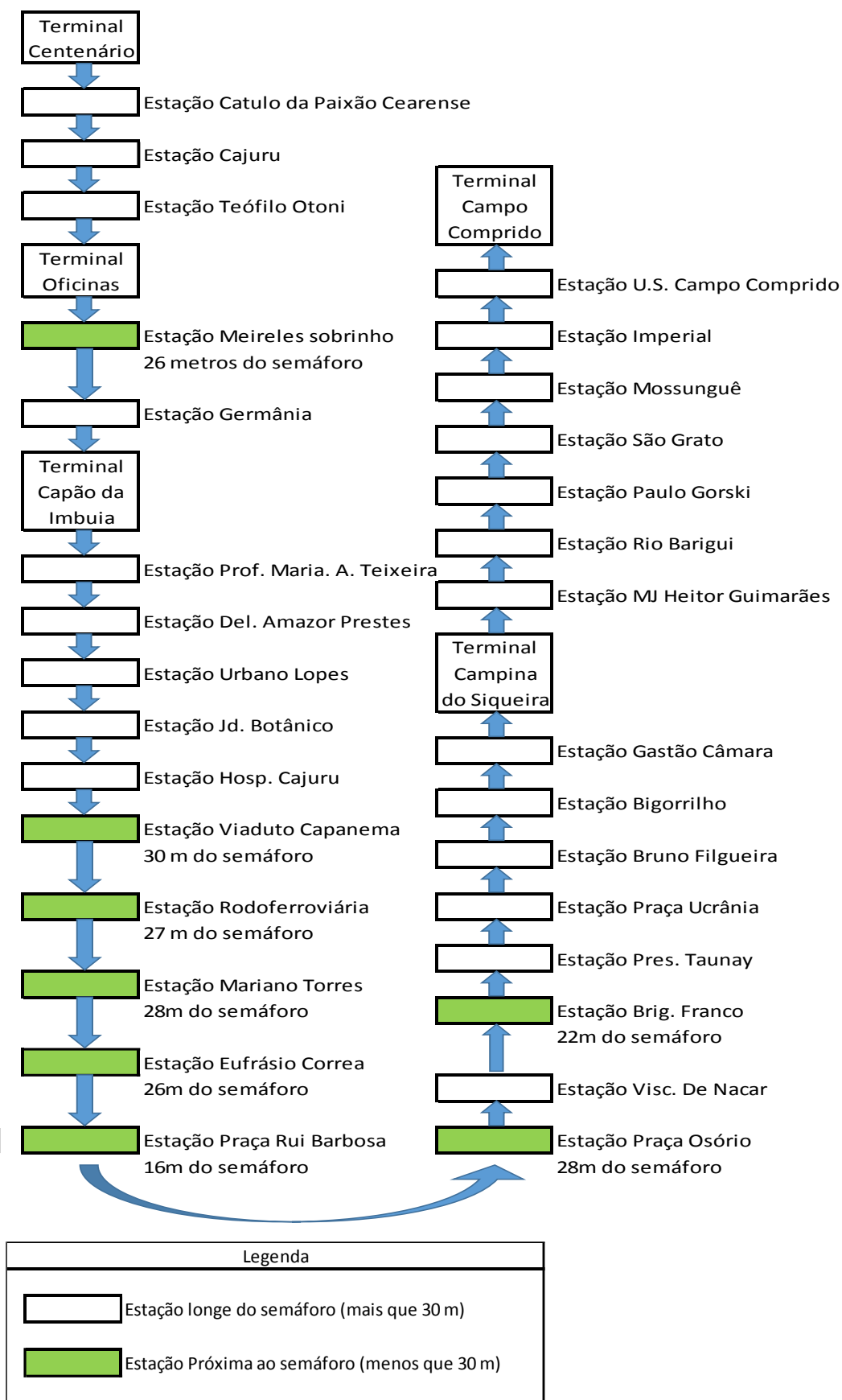


Figura 5 - Itinerário da linha Centenário/Campo Comprido

### 5.1.2 Capão Raso/ Santa Cândida

A figura 6 representa o itinerário da linha expressa Capão Raso/ Santa Cândida dando destaque as ocorrências de proximidade entre as estações tubo e os semáforos.

### Itinerário Linha Capão Raso/Santa Cândida

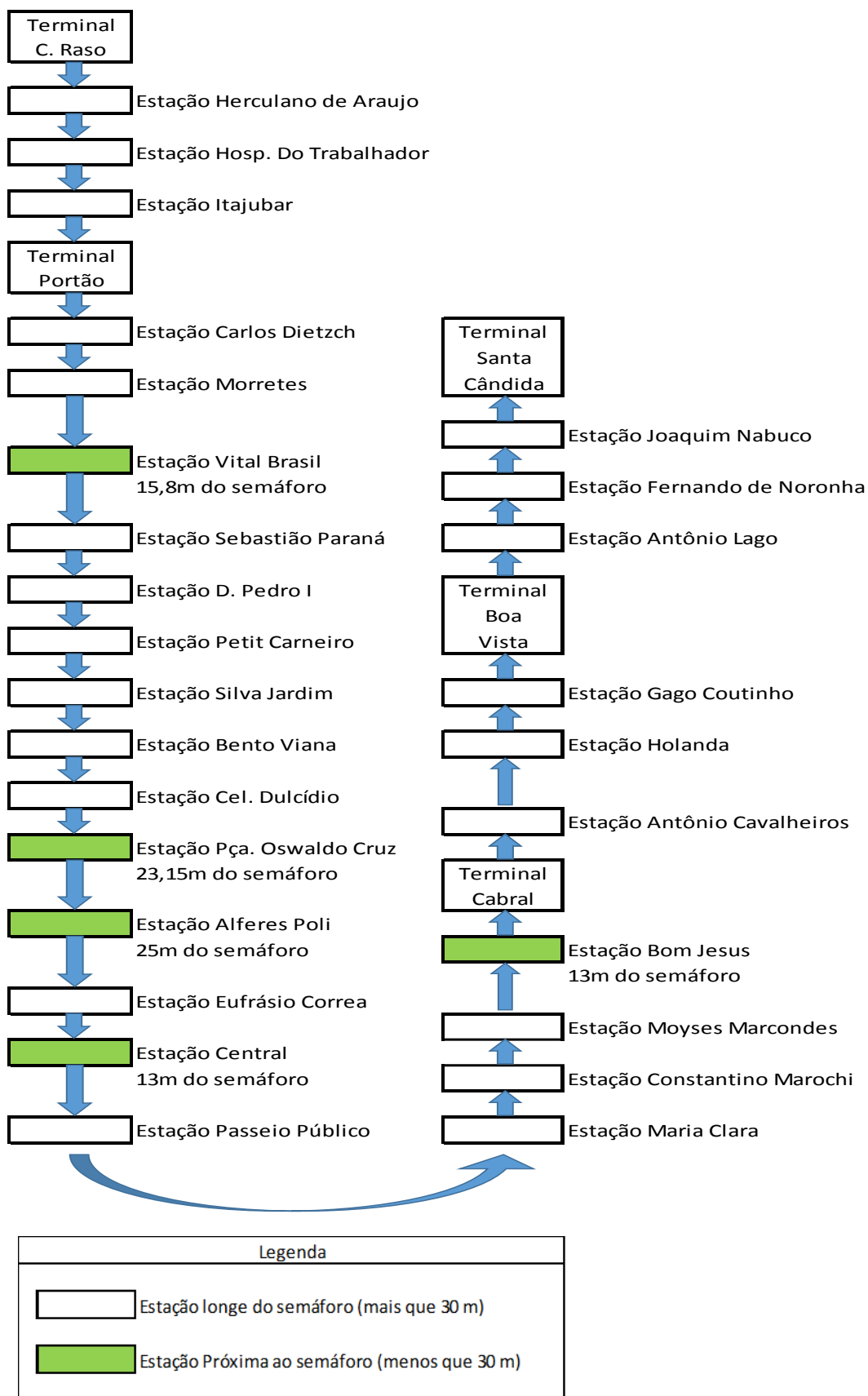


Figura 6 - Itinerário da linha Capão Raso/ Santa Cândida

## 5.2 QUANTIFICAÇÃO DO NÚMERO DE OCORRÊNCIAS DE PARADAS CONSECUTIVAS

### 5.2.1 Centenário/Campo Comprido

Analisando-se o itinerário, observa-se que das 30 estações tubo, ocorrem 8 casos em que a distância da estação ao semáforo é menor ou igual à 30m. Logo, 26,67% das estações apresentam casos do problema.

### 5.2.2 Capão Raso/ Santa Cândida

Analisando-se o itinerário, observa-se que das 27 estações tubo, ocorrem 5 casos em que a distância da estação ao semáforo é menor ou igual à 30m. Logo, 18,52% das estações apresentam casos do problema.

## 5.3 COMPORTAMENTO DOS ÔNIBUS NA SAÍDA DO TUBO

### 5.3.1 Estação Central

A observação ocorreu no dia 24/06/14 das 17:50 às 18:25 horas, a linha que passa nesta estação é Santa Cândida/Capão Raso, foram considerados os tubos de ambos os sentidos, no sentido Santa Cândida, a distância do tubo ao semáforo é de aproximadamente 12,3m; sentido Capão Raso, a distância é de aproximadamente 18,3m. A figura 7 relaciona os dados obtidos:

Estação Central				
Ônibus: Santa Cândida/ Capão Raso (ambos os sentidos)				
Terça-feira (24/06/14) das 17:50 às 18:25 horas.				
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1			x	
2			x	
3			x	
4		x		
5		x		
6			x	
7	x			
8			x	
9			x	
10			x	
11			x	
12	x			
13			x	
14	x			
15	x			
16			x	
17			x	
18				x
19				x
20				x
TOTAL	4	2	11	3

Figura 7 - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Central

### 5.3.2 Estação Praça Carlos Gomes

A observação ocorreu no dia 25/06/14 das 18:00 às 18:50 horas, as linhas que passam nesta estação são Boqueirão e Ligeirão Boqueirão, possui apenas um sentido e a distância do tubo ao semáforo é de aproximadamente 5,2m. A figura 8 relaciona os dados obtidos:



Estação Praça Carlos Gomes				
Ônibus: Boqueirão e Ligeirão Boqueirão				
Quarta-feira (25/06/14) das 18:00 às 18:50 horas.				
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1			x	
2			x	
3			x	
4			x	
5			x	
6			x	
7			x	
8	x			
9	x			
10				x
11	x			
12				x
13				x
14	x			
15			x	
16			x	
17			x	
18			x	
19	x			
20			x	
TOTAL	5	0	12	3

Figura 8 - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Praça Carlos Gomes

### 5.3.3 Estação Praça Alferes Poli

A observação ocorreu no dia 01/07/14 das 18:00 às 19:00 horas, as linhas que passam nesta estação são Santa Cândida/ Capão Raso e Pinheirinho, foram considerados os tubos de ambos os sentidos, sentido Santa Cândida, a distância do tubo ao semáforo é de aproximadamente 25m; sentido Capão Raso, a distância é de aproximadamente 19,0m. A figura 9 relaciona os dados obtidos:

Estação Praça Alferes Poli				
Ônibus: Santa Cândida/ Capão Raso e Pinheirinho (2 sentidos)				
Terça-feira (01/07/14) das 18:00 às 19:00 horas.				
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1			x	
2			x	
3	x			
4				x
5				x
6	x			
7		x		
8			x	
9			x	
10			x	
11			x	
12			x	
13			x	
14			x	
15			x	
16			x	
17			x	
18			x	
19			x	
20		x		
TOTAL	2	2	14	2

Figura 9 - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Alferes Poli

#### 5.3.4 Estação Bom Jesus

A observação ocorreu no dia 02/07/14 das 18:15 às 19:00 horas, a linha que passa nesta estação é Santa Cândida/ Capão Raso, foi considerado somente o sentido Santa Cândida. A distância do tubo ao semáforo é de aproximadamente 13,0m. A figura 10 relaciona os dados obtidos:

Estação Bom Jesus				
Ônibus: Santa Cândida/ Capão Raso				
Quarta-feira (02/07/14) das 18:15 às 19:00 horas.				
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1	x			
2			x	
3			x	
4			x	
5	x			
6				x
7	x			
8	x			
9			x	
10	x			
11				x
12	x			
13				x
14	x			
15			x	
16			x	
17	x			
18	x			
19			x	
20	x			
TOTAL	10		7	3

Figura 10 - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Bom Jesus

### 5.3.5 Estação Viaduto Capanema

A observação ocorreu no dia 03/07/14 das 18:03 às 18:52 horas, as linhas que passam nesta estação são Campo Comprido/Centenário e Pinhais/Rui Barbosa, foi considerado somente o sentido Campo Comprido/Rui Barbosa. A distância do tubo ao semáforo é de aproximadamente 30m. A figura 11 relaciona os dados obtidos:

Estação Viaduto Capanema				
Ônibus: Campo Comprido/Centenário e Pinhais/Rui Barbosa				
Quinta-feira (03/07/14) das 18:03 às 18:52 horas.				
	Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
1	x			
2				x
3			x	
4			x	
5			x	
6	x			
7			x	
8	x			
9			x	
10	x			
11	x			
12				x
13				x
14	x			
15	x			
16	x			
17	x			
18			x	
19			x	
20				x
TOTAL	9		7	4

Figura 11 - Dados obtidos na observação da Estação Tubo Viaduto Capanema

#### 5.4 TOTAL

A figura 12 mostra o somatório dos resultados das cinco estações tubo, e a figura 13 mostra o gráfico com a representação dos dados do mesmo:

Aberto/aberto	Aberto/Fechado	Fechado/Fechado	Fechado/Aberto
30	4	51	15

Figura 12 – Somatório dos resultados

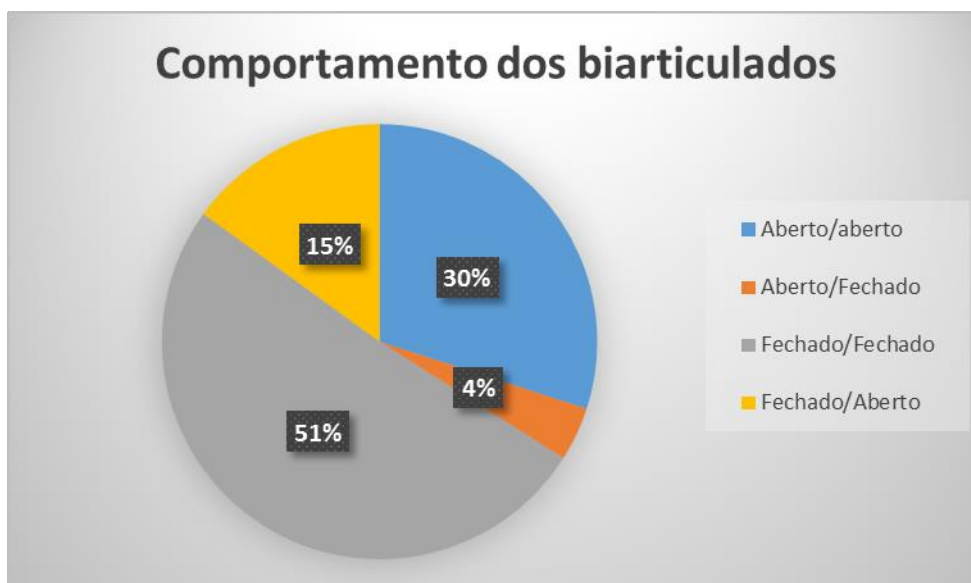


Figura 13 - Gráfico com a representação dos resultados do somatório

Com esses valores, pôde-se observar que em 55% das vezes o ônibus para no semáforo após sair da estação tubo.

#### 5.5 OBSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE SEMÁFOROS QUE OS ÔNIBUS PEGAM ABERTOS E DA QUANTIDADE DE FECHADOS

Os dados obtidos *in loco* foram divididos em grupos de dez e destes foram somados os números de semáforos fechados e abertos. A lista destas somas está discriminada na figura 14:

nº de semáforos abertos	nº de semáforos fechados
7	3
4	6
6	4
5	5
4	6
5	5
4	6
3	7
5	5
5	5
5	5
8	2
4	6
5	5
5	5
4	6
7	3
6	4
8	2
5	5

Figura 14 - Quantidade de semáforos abertos e fechados

## 5.6 MÉDIA DO NÚMERO DE SEMÁFOROS ABERTOS E FECHADOS

### 5.6.1 Comprovação do uso da teoria dos erros para o cálculo da média

Para comprovar a utilização da teoria dos erros, foi realizado um gráfico que comprova que os dados em intervalos discretos formam uma gaussiana, a tabela da figura 15 mostra a separação dos intervalos e a quantidade de ocorrência dos mesmos:

Classe	Quant.
0-1	0
2-3	5
4-5	9
6-7	6
8-9	0

Figura 15 - Tabela com as frequências dos intervalos de dados discretos

O gráfico que representa a gaussiana formada pelas frequências dos intervalos dos dados discretos está representado na figura 16.

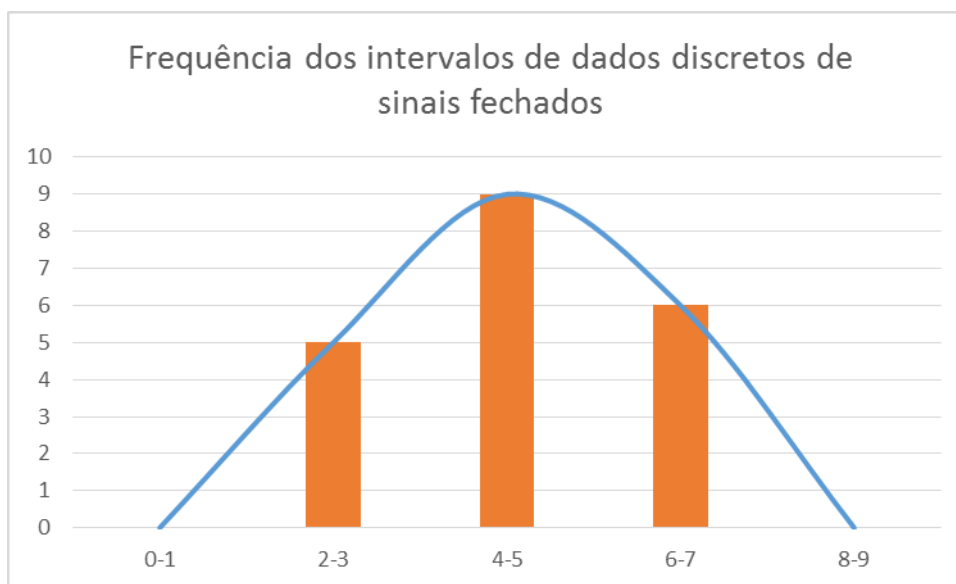


Figura 16 – Representação gráfica das frequências dos intervalos dos dados discretos

### 5.6.2 Cálculo da média

A tabela da figura 17 demonstra o cálculo da média das ocorrências de semáforos abertos e fechados, com seu respectivo erro.

A tabela da figura 18 mostra o valor correspondente em porcentagem da média dos semáforos fechados.

MÉDIA		
	Abertos	Fechados
	7	3
	4	6
	6	4
	5	5
	4	6
	7	3
	4	6
	3	7
	5	5
	5	5
	5	5
	8	2
	4	6
	5	5
	5	5
	4	6
	7	3
	6	4
	8	2
	5	5
média	5,35	4,65
Desvio padrão	1,424411236	1,424411236
Intervalo	6,8	6,1
	3,9	3,2
Porcentagem dados inclusos	0,70	0,70
Erro final	1,14826305	1,14826305
Resultado	5,3+-1,1	4,7+- 1,1

Legenda	
	Números fora do intervalo

Figura 17 - Tabela de cálculo das médias de semáforos abertos e fechados

Porcentagem de ocorrência de sinal fechado
46,5%
Porcentagem com erro
47%+-11%

Figura 18 – Valor da média dos semáforos fechados em porcentagem



## 5.7 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS

Para calcular o somatório de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo, considerou-se parada obrigatória as estações tubos e terminais, portanto em cada uma delas foi atribuído valor 1. Nos semáforos comuns foi atribuído o valor da porcentagem média, ou seja 0,47. Nos semáforos que se caracterizaram próximos às estações tubo foi atribuído o valor da porcentagem de paradas calculado, ou seja 0,55.

### 5.7.1 Linha Centenário/Campo Comprido

A figura 19 mostra o somatório de paradas no itinerário comum da linha Centenário/Campo Comprido (Sentido Campo Comprido).

Centenário/Campo Comprido	
Estações/Semáforos	Paradas
Terminal Centenário	1
	0,47
Catulo da Paixão Cearense	1
	0,47
Cajuru	1
	0,47
Teófilo Otoni	1
	0,47
	0,47
Terminal Oficinas	1
Antônio Meireles Sobrinho	1
	0,55
Germânia	1
	0,47
Terminal Capão da Imbuia	1
Prof. Maria A. Teixeira	1
Delegado Amazor Prestes	1
	0,47
Urbano Lopes	1
	0,47
	0,47
Jardim Botânico	1
Hospital Cajuru	1
	0,47
Viaduto Capanema	1
	0,55
	0,47

Rodoferroviária	1
	0,55
	0,47
	0,47
Mariano Torres	1
	0,55
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Eufrásio Correa	1
	0,55
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Praça Rui Barbosa	1
	0,55
	0,47
Praça Osório	1
	0,55
	0,47
	0,47
Visconde de Nacar	1
	0,47
	0,47
Brigadeiro Franco	1
	0,55
	0,47
Presidente Taunay	1
	0,47
	0,47
	0,47
Praça Ucrânia	1
	0,47
	0,47
Bruno Filgueira	1
Bigorriho	1
Gastão Câmara	1
	0,47
Campina do Siqueira	1
	0,47
MJ Heitor Guimarães	1
Rio Barigui	1
Paulo Gorski	1
São Grato	1
Mossunguê	1
Imperial	1
U.S. Campo Comprido	1

Campo Comprido	1
Somatório de Frenagens	55,85
Erro	7,54
Resultado com erro	56+- 8

Legenda	
	Estações
	Semáforos
	Semáforos que ocorre o problema

Figura 19 – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Centenário/Campo Comprido, sem uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo.

### 5.7.2 Linha Capão Raso/ Santa Cândida

A figura 20 mostra o somatório de paradas no itinerário comum da linha Capão Raso/ Santa Cândida (Sentido Santa Cândida).

Capão Raso/ Santa Cândida	
Estações/Semáforos	Paradas
Terminal Capão Raso	1
Herculano de Araújo	1
Hospital do Trabalhador	1
	0,47
Itajubar	1
	0,47
	0,47
Terminal do portão	1
	0,47
	0,47
Carlos Dietzch	1
	0,47
	0,47
Morretes	1
Vital Brasil	1
	0,55
	0,47
Sebastião Paraná	1
	0,47
D. Pedro I	1
	0,47
Petit Carneiro	1
	0,47
	0,47
Silva Jardim	1

	0,47
Bento Viana	1
	0,47
	0,47
	0,47
Cel. Dulcídio	1
	0,47
	0,47
Praça Oswaldo Cruz	1
	0,55
	0,47
	0,47
Alferes Poli	1
	0,55
	0,47
Eufrásio Correa	1
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Central	1
	0,55
	0,47
	0,47
	0,47
Passeio Público	1
	0,47
	0,47
Maria Clara	1
	0,47
	0,47
Constantino Marochi	1
	0,47
	0,47
	0,47
Moyses Marcondes	1
Bom Jesus	1
	0,55
	0,47
Terminal Cabral	1
	0,47
Antonio Cavalheiros	1
	0,47
	0,47
Holanda	1
Gago Coutinho	1
	0,47
Terminal do Boa Vista	1

	0,47
	0,47
Antônio Lago	1
	0,47
Fernando de Noronha	1
	0,47
Joaquim Nabuco	1
	0,47
Terminal Santa Cândida	1
Somatório de Frenagens	56,84
Erro	8,29
Resultado com erro	57+- 8

Legenda	
	Estações
	Semáforos
	Semáforos que ocorre o problema

Figura 20 – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Capão Raso/Santa Cândida, sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo.

## 5.8 CÁLCULO DO SOMATÓRIO DE PARADAS TOTAIS COM APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO PARA AS PARADAS CONSECUTIVAS (EM ESTAÇÕES TUBO PRÓXIMAS A SEMÁFOROS)

Para calcular o somatório de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo, considerou-se parada obrigatória as estações tubos e terminais, portanto em cada uma delas foi atribuído valor 1. Nos semáforos comuns foi atribuído o valor da porcentagem média, ou seja 0,47. Nos semáforos que se caracterizaram próximos às estações tubo foi atribuído o valor da porcentagem de paradas calculado (0,55) extraíndo-se os casos onde o ônibus saiu do tubo com o semáforo fechado e chegou com ele ainda fechado (0,51), ou seja 0,04.

### 5.8.1 Linha Centenário/ Campo Comprido

A figura 21 mostra o somatório de paradas no itinerário da linha Centenário/Campo Comprido (Sentido Campo Comprido), com utilização de alternativas para as paradas próximas ao semáforo.

Centenário/Campo Comprido	
Estações/Semáforos	Paradas

Terminal Centenário	1
	0,47
Catulo da Paixão Cearense	1
	0,47
Cajuru	1
	0,47
Teófilo Otoni	1
	0,47
	0,47
Terminal Oficinas	1
Antônio Meireles Sobrinho	1
	0,04
Germânia	1
	0,47
Terminal Capão da Imbuia	1
Prof. Maria A. Teixeira	1
Delegado Amazor Prestes	1
	0,47
Urbano Lopes	1
	0,47
	0,47
Jardim Botânico	1
Hospital Cajuru	1
	0,47
Viaduto Capanema	1
	0,04
	0,47
Rodoferroviária	1
	0,04
	0,47
	0,47
Mariano Torres	1
	0,04
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Eufrásio Correa	1
	0,04
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Praça Rui Barbosa	1
	0,04
	0,47
Praça Osório	1
	0,04
	0,47

	0,47
Visconde de Nacar	1
	0,47
	0,47
Brigadeiro Franco	1
	0,04
	0,47
Presidente Taunay	1
	0,47
	0,47
	0,47
Praça Ucrânia	1
	0,47
	0,47
Bruno Filgueira	1
Bigorriho	1
Gastão Câmara	1
	0,47
Campina do Siqueira	1
	0,47
MJ Heitor Guimarães	1
Rio Barigui	1
Paulo Gorski	1
São Grato	1
Mossunguê	1
Imperial	1
U.S. Campo Comprido	1
Campo Comprido	1
Somatório de Frenagens	51,77
Erro	7,54
Resultado com erro	52+- 8

Legenda	
	Estações
	Semáforos
	Semáforos que ocorre o problema

Figura 21 – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Centenário/Campo Comprido, com uso de alternativas nos semáforos próximos à estações tubo.

### 5.8.2 Linha Capão Raso/Santa Cândida

A figura 22 mostra o somatório de paradas no itinerário da linha Capão Raso/Santa Cândida (Sentido Santa Cândida), com utilização de alternativas para as paradas próximas ao semáforo.

Capão Raso/ Santa Cândida	
Estações/Semáforos	Paradas
Terminal Capão Raso	1
Herculano de Araújo	1
Hospital do Trabalhador	1
	0,47
Itajubar	1
	0,47
	0,47
Terminal do portão	1
	0,47
	0,47
Carlos Dietzch	1
	0,47
	0,47
Morretes	1
Vital Brasil	1
	0,04
	0,47
Sebastião Paraná	1
	0,47
D. Pedro I	1
	0,47
Petit Carneiro	1
	0,47
	0,47
Silva Jardim	1
	0,47
Bento Viana	1
	0,47
	0,47
	0,47
Cel. Dulcídio	1
	0,47
	0,47
Praça Oswaldo Cruz	1
	0,04
	0,47
	0,47
Alferes Poli	1
	0,04
	0,47
Eufrásio Correa	1
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
	0,47
Central	1



	0,04
	0,47
	0,47
	0,47
Passeio Público	1
	0,47
	0,47
Maria Clara	1
	0,47
	0,47
Constantino Marochi	1
	0,47
	0,47
	0,47
Moyses Marcondes	1
Bom Jesus	1
	0,04
	0,47
Terminal Cabral	1
	0,47
Antonio Cavalheiros	1
	0,47
	0,47
Holanda	1
Gago Coutinho	1
	0,47
Terminal do Boa Vista	1
	0,47
	0,47
Antônio Lago	1
	0,47
Fernando de Noronha	1
	0,47
Joaquim Nabuco	1
	0,47
Terminal Santa Cândida	1
Somatório de Frenagens	54,29
Erro	8,29
Resultado com erro	54+- 8

Legenda	
	Estações
	Semáforos
	Semáforos que ocorre o problema

Figura 22 – Somatório das paradas no itinerário do ônibus Capão Raso/Santa Cândida, com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo.

## 5.9 VISUALIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM INTERVALOS DE ERRO

### 5.9.1 Linha Centenário/ Campo Comprido

A figura 23 mostra a quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro. A figura 24 mostra a quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro.

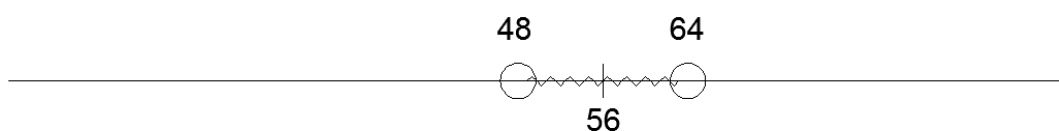


Figura 23 - Quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro

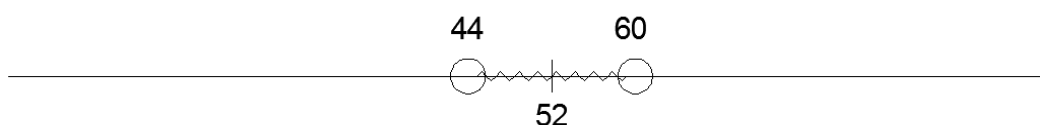


Figura 24 - Quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro

### 5.9.2 Linha Capão Raso/ Santa Cândida

A figura 25 mostra a quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro. A figura 26 mostra a quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro.

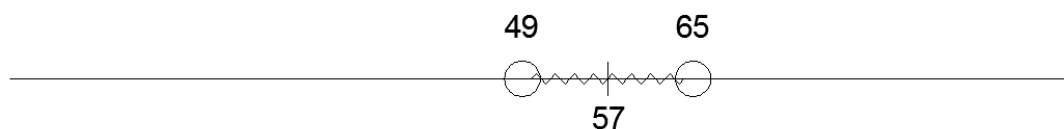


Figura 25 - Quantidade de paradas sem uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro

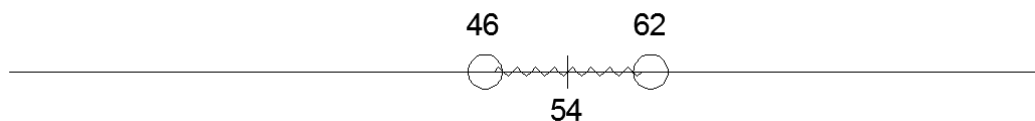


Figura 26 - Quantidade de paradas com uso de alternativas nos semáforos próximos às estações tubo e seu intervalo de erro

Analisando os gráficos é possível notar-se que os intervalos de erro, entre os somatórios das paradas com e sem alternativas, coincidem em vários pontos, havendo vários valores em comum entre ambos, o que demonstra irrelevância estatística nos dados.

## 6 CONCLUSÕES

Aplicando-se a metodologia proposta, foi possível verificar que nas estações tubo próximas a semáforos ocorre a questão das paradas consecutivas em quantidade relevante. Porém, pôde-se também observar (por meio da comparação da quantidade de paradas dos ônibus de linha expresso sem uso de alternativas com a quantidade com uso de alternativas) que para comprovar-se estatisticamente a eficiência da utilização de alternativas que evitem as paradas em semáforos próximos à estações tubo, seria necessária uma coleta de dados de maiores proporções. Apesar disso, acredita-se ser válida a aplicação de alternativas que não apresentem custos, com isto seria possível uma observação mais abrangente dos resultados.

Uma alternativa sem custo que poderia ser utilizada é a instrução aos motoristas de biarticulados, durante o treinamento, a esperarem o semáforo abrir, antes de sair do tubo, quando estes estiverem a uma distância próxima um do outro.

Outra proposta válida, porém com algum custo, poderia ser a instalação de modelos de semáforo com temporizador, que permitam os motoristas ver a hora correta para arrancar.

## **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Análise da possibilidade de alternativas que permitam a redução das paradas dos caminhões de lixo.

- Análise da possibilidade de aplicação de semáforos com temporizador em Curitiba-PR.

## REFERÊNCIAS

- BERATA, John. **Biarticulado Volvo**. Disponível em:  
<<http://shw.plataforma48.fotopages.com/14434008/BIARTICULADO-VOLVO-B12M-CAIO-MILENIUM.html>> Acesso em: 18 ago.2014.
- BIB/CRE. BOLETIM informativo Ano VIII. **Breve História dos Transportes Públicos**. Portugal, 2004. <<http://bibesjcp.no.sapo.pt/historiadotransporte.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2014.
- BORN, Osvaldo. **Veículos biarticulados da sistema de transporte de Curitiba (PR) e região metropolitana**. Omnibus Brasil. Disponível em:  
<<http://www.omnibus.com.br/bisctba.htm>> Acesso em: 18 ago. 2014.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares. Diretoria de pesquisas** – Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro, 2009.
- INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, SBM. Guia para expressão da incerteza de medição. ABNT, Rio de Janeiro, p.120, 1998.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Tarifação e Financiamento do Transporte Público Urbano**. Nota Técnica. Brasília, 2013.
- LAMB, Gilberto. **Estudo do Comportamento de Desgaste de Materiais de Atrito em Função de Variáveis de Aplicação**. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2008.
- NUNES, O.A. Transporte Coletivo por Ônibus. Instituto Federal de Educação. **Ciência e Tecnologia**. Goiás, 2007.

SAMAHÁ, Fabrício. **Pare e confira os cuidados para manter em ordem os freios de seu carro.** Disponível em: < <http://bestcars.uol.com.br/freios.htm>> Acesso em 18 ago. 2014.

SINGH, Diego. **Transporte Coletivo.** Disponível em: <<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1458&evento=3>> Acesso em 7 mai. 2014.

TABACNIKS, Manfred T. **Conceitos Básicos da Teoria de Erros.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

URBS. URBANIZAÇÃO CURITIBA. **Custos da Rede Integrada de Transporte.** Disponível em: < <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/tarifas-custos>>. Acesso em: 24 fev. 2014.

URBS. URBANIZAÇÃO CURITIBA. **Institucional.** Disponível em: < <http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/institucional/nossa-historia>>. Acesso em: 07 mai. 2014.

VIA CIRCULAR. **Volvo B12M Biarticulado.** Disponível em: <[http://viacircular.com.br/site/?page\\_id=573](http://viacircular.com.br/site/?page_id=573)> Acesso em 18 ago. 2014.