



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOÃO VITOR BENEVIDES DE CASTRO

**ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE GEOMÉTRICA DO PADRÃO DE VEÍCULOS
DE CARGA REGULAMENTADOS EM CIDADES BRASILEIRAS: O CASO DE
FORTALEZA**

FORTALEZA

2018

JOÃO VITOR BENEVIDES DE CASTRO

ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE GEOMÉTRICA DO PADRÃO DE VEÍCULOS DE
CARGA REGULAMENTADOS EM CIDADES BRASILEIRAS: O CASO DE
FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Waldemiro de Aquino Pereira Neto.

FORTALEZA

2018

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

- C351a Castro, Joao Vitor Benevides de Castro.
Análise de compatibilidade geométrica do padrão de veículos de carga regulamentados em cidades brasileira : O caso de Fortaleza / Joao Vitor Benevides de Castro Castro. – 2018.
95 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Waldemiro de Aquino Pereira Neto.
1. Compatibilidade geométrica. 2. Veículos de carga. 3. Logística Urbana. I. Título.

CDD 620

JOÃO VITOR BENEVIDES DE CASTRO

ANÁLISE DE COMPATIBILIDADE GEOMÉTRICA DO PADRÃO DE VEÍCULOS DE
CARGA REGULAMENTADOS EM CIDADES BRASILEIRAS: O CASO DE
FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Civil da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: __/__/__.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Waldemiro de Aquino Pereira Neto (Orientador).
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela bondade e generosidade durante essa caminhada.

A todos da minha família, em especial a minha querida mãe por todo o amor e incentivo.

A todos os meus amigos do IFCE, da Igreja, da UFERSA e da UFC, pelo companheirismo e apoio.

Ao Professor Waldemiro de Aquino Pereira Neto, por todo o incentivo e excelentes orientações durante a graduação.

Aos amigos do Departamento de Engenharia de Transportes da UFC, entre eles, alunos, técnicos-administrativos e docentes, principalmente aos do LAG e do LRI, por partilharem comigo desafios e as alegrias de conquistas.

Aos que integram o Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Design da UFC, pelo apoio na conclusão do curso, e especialmente aos técnicos-administrativos pela receptividade e estimada amizade.

Ao Professor Ernesto Ferreira Nobre Júnior, pelos ensinamentos e constante incentivo, e ao Professor Francisco Heber Lacerda de Oliveira, pelas dúvidas esclarecidas e a presença na banca examinadora com valiosas colaborações.

“Despreza as estradas largas, segue os
carreiros.” (Pitágoras)

RESUMO

O fluxo de veículos de carga tem alto impacto na ocupação viária urbana, contribuindo com a elevação dos índices de congestionamento e agravando as condições de mobilidade em geral. Para minimizar tais impactos, várias cidades brasileiras vêm implementando políticas de regulamentação para os veículos de carga. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar as medidas de restrição à circulação de veículos de carga nas dez cidades brasileiras mais populosas, sendo elas: São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Manaus, Curitiba, Recife e Porto Alegre. Inicialmente, foi levantada a regulamentação do tráfego de veículos de carga em cada cidade examinada. Em seguida, com auxílio do software Autoturn, fez-se a simulação de manobras de curvas para 83 veículos de carga, incluindo os mais vendidos em 2017, com o intuito de conhecer suas varreduras. Essas informações, associadas às demais características técnicas dos veículos de carga listados, possibilitaram uma análise comparativa entre as medidas adotadas pelas cidades, determinando seus impactos e a efetividade de cada uma. Considerando a relação entre varredura e carga útil máxima (lotação), o Veículo Urbano de Carga (VUC) adotado em São Paulo a partir de 2016, se apresentou como a medida mais eficiente entre as restrições analisadas, por proporcionar um veículo de carga com alta capacidade transporte, e baixo impacto na ocupação viária. Por fim, fez-se um estudo de caso em uma região adensada de Fortaleza, no qual observou-se a compatibilidade geométrica de um veículo representativo das medidas restritivas de cada cidade participante do estudo. Os resultados desse estudo indicaram quais veículos representativos eram compatíveis com geometria das vias analisadas e os respectivos impactos produzidos.

Palavras-chave: Compatibilidade geométrica. Veículos de Carga. Logística Urbana.

ABSTRACT

Road freight transports has a high impact on the urban road use, contributing to increase in congestion rates and aggravate mobility conditions in general. To minimize these impacts, several Brazilian cities have been implementing regulatory policies for freight vehicles. In this context, this work aims to analyze restrictive measures for the movement of freight vehicles in the ten biggest cities in Brazil, ranked by population: São Paulo, Brasília, Salvador, Fortaleza, Belo Horizonte, Manaus, Curitiba, Recife and Porto Alegre. First, the traffic regulation of freight vehicles in these cities were analysed. Then, using Autoturn software, curves were simulated for 83 freight vehicles, including the most commercialized in 2017, in order to know their offtracking. This information, combined with other technical characteristics of these vehicles, allowed a comparative analysis among policies adopted by Brazilian cities, determining their impacts and the effectiveness of each one. Considering the relation between offtracking and maximum payload (stocking), the Urban Freight Vehicle (VUC) adopted in São Paulo since 2016 was presented as the most efficient measure among the restrictions analyzed, since it provides a vehicle of load with high transport capacity, and low impact on road occupation. Finally, a case study was carried out in a dense region of Fortaleza, where was observed the geometric compatibility of a representative vehicle of the restrictive measures of each city in reference. The results of this study indicated which representative vehicles were compatible with the geometry of the analyzed tracks and the respective impacts produced.

Keywords: Geometric Compatibility. Freight Vehicles. Urban Logistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico da população brasileira e projeções.	13
Figura 2 – Crescimento e composição da frota de veículos no Brasil entre 2010 e 2016.	14
Figura 3 – Problemas causados pelo transporte urbano de carga.	15
Figura 4 – Estrutura do sistema de transporte de carga urbana.	20
Figura 5 – VUC estabelecido em Fortaleza.	21
Figura 6 – Exemplo de VUC: Accelo 815 / 31 Plataforma 4x2.	22
Figura 7 – Etapas do método.	27
Figura 8 – Inserção das dimensões dos veículos no <i>software</i> Autoturn.	30
Figura 9 – Seleção do veículo para simulação de varredura.	30
Figura 10 – Indicação da região do estudo de caso em Fortaleza.	31
Figura 11 – Área do estudo de caso.	32
Figura 12 – Cruzamentos que receberam as simulações de curvas dos veículos críticos.	35
Figura 13 – Projeção das manobras de curva a 90° e a 180° com varreduras e raio de giro para o veículo Accelo 815/3.7.	42
Figura 14 – Características dimensionais/operacionais de 10 dos 83 veículos de carga simulados.	43
Figura 15 – Quantidade de veículos aptos a circular livremente para cada cidade.	44
Figura 16 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).	46
Figura 17 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).	46
Figura 18 – Comparativo da lotação para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).	47
Figura 19 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo e Salvador/Fortaleza.	48
Figura 20 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo e Salvador/Fortaleza.	49

Figura 21 – Comparativo da lotação para São Paulo e Salvador/Fortaleza.....	49
Figura 22 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo e demais cidades.	51
Figura 23 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo e demais cidades.	51
Figura 24 – Comparativo da lotação para São Paulo e demais cidades.	52
Figura 25 – Cruzamento n° 4 com veículo crítico de Fortaleza/Salvador – Padrão de compatibilidade A.	55
Figura 26 – Cruzamento n° 3 com veículo crítico de Recife – Padrão de compatibilidade B.	56
Figura 27 – Cruzamento n° 3 com o veículo Cargo 1719/4.8 – Padrão de compatibilidade C.	57
Figura 28 – Padrões de compatibilidade verificados para cada veículo crítico simulado (em %).	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo da regulamentação do transporte de bens em cidades brasileiras.....	23
Quadro 2 – Resumo da legislação aplicada em alguns países do mundo.....	23
Quadro 3 – Principais características dos veículos que condicionam o projeto geométrico de vias urbanas.	25
Quadro 4 - Dez cidades mais populosas do Brasil em 2017.	28
Quadro 5 – Interseções onde foi realizada a pesquisa volumétrica e classificatória.	34
Quadro 6 – Cruzamentos que receberam as simulações de curvas dos veículos críticos.....	35
Quadro 7 – Veículos com as maiores varreduras aptos a circular livremente.....	36
Quadro 8 – Medidas restritivas adotadas em cidades brasileiras para a circulação de veículos de carga.....	40
Quadro 9 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo (vigente e a anterior).....	47
Quadro 10 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo, Salvador e Fortaleza.	50
Quadro 11 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo, Porto Alegre, Manaus, Curitiba, Belo Horizonte e Recife.....	52
Quadro 12 – Padrões de compatibilidade nos 10 cruzamentos para cada veículo crítico das restrições analisadas.	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
AUSTROADS	<i>Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities</i>
BHTRANS	Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CTAFOR	Controle de Tráfego em Área de Fortaleza)
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
PBT	Peso Bruto Total
TAC	<i>Transportation Association of Canada</i>
VUC	Veículo Urbano de Carga

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Problema da pesquisa	17
1.3	Objetivos.....	18
1.3.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>18</i>
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	<i>18</i>
1.4	Estrutura do trabalho.....	19
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1	Regulamentação do transporte urbano de carga	20
2.2	Veículo de Projeto	24
3	MÉTODO	26
3.1	Levantamento de dados	27
3.1.1	<i>Levantamento das políticas públicas relacionadas à gestão da circulação de veículos de carga em áreas urbanas.....</i>	<i>27</i>
3.1.2	<i>Levantamento das configurações de veículos de carga regulamentados em cidades brasileiras.....</i>	<i>28</i>
3.1.3	<i>Levantamento de dados para o estudo de caso em Fortaleza.</i>	<i>31</i>
3.2	Estudo de Caso	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1	Restrições das cidades em estudo	39
4.2	Identificação das condições operacionais requeridas pelos veículos investigados quanto ao aspecto da geometria viária	42
4.3	Análise comparativa das estratégias de restrição veicular.....	44
4.4	Análise de compatibilidade dos veículos simulados para as condições geométricas existentes na cidade de Fortaleza.....	54
5	CONCLUSÕES.....	61
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

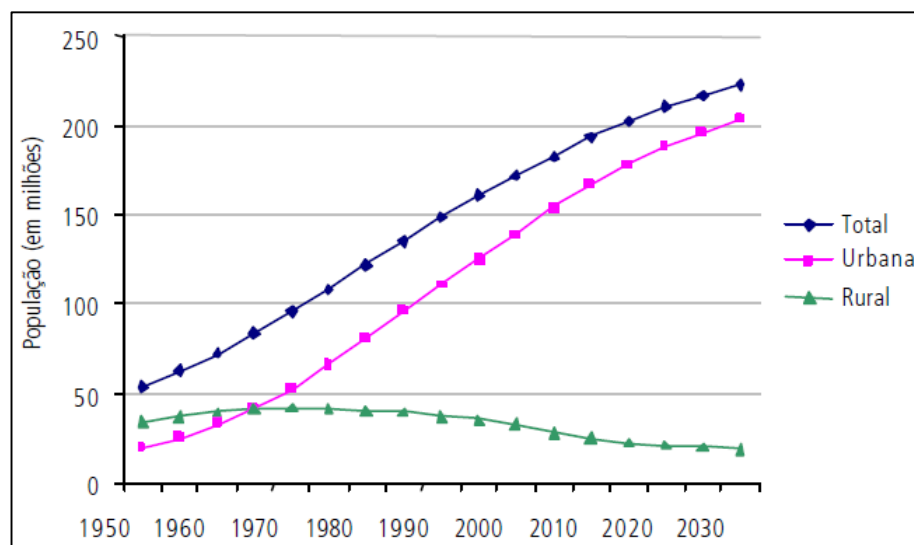
APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS VEÍCULOS PESQUISADOS E ALGUMAS DE SUAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS	67
APÊNDICE B – DADOS DESAGREGADOS DE CADA CRUZAMENTO PESQUISADO	71
APÊNDICE C - VEÍCULOS APTOS A CIRCULAR POR CIDADE PESQUISADA ...	75
ANEXO A – LEGISLAÇÃO ADOTADA EM CIDADES DO MUNDO EM RELAÇÃO AO TRANSPORTE URBANO DE CARGA	89
ANEXO B – RESUMO DAS RESTRIÇÕES DAS CIDADES PESQUISADAS E AS FONTES CONSULTADAS	91

1 INTRODUÇÃO

O transporte de mercadorias é uma atividade indispensável para o funcionamento das cidades, de sua dinâmica econômica e até de atividades sociais. O fluxo de veículos de carga interfere a todo momento no transporte de passageiros, promovendo impactos no ambiente urbano.

O crescimento populacional ocorrido no País tem se concentrado principalmente em centros urbanos, com o surgimento de novas cidades e expansão das metrópoles. Em 2006, a população brasileira residente em áreas urbanas ultrapassava 80% da população total, enquanto na década de 1970 essa parcela era de 56% (IPEA, 2006). Estimativas da Organização das Nações Unidas (2003 *apud* IPEA, 2006) apontam que a taxa de urbanização para o Brasil na próxima década ultrapassará 90%. A Figura 1 ilustra como o aumento da população se localiza e se projeta sobre as zonas urbanas.

Figura 1 - Gráfico da população brasileira e projeções.

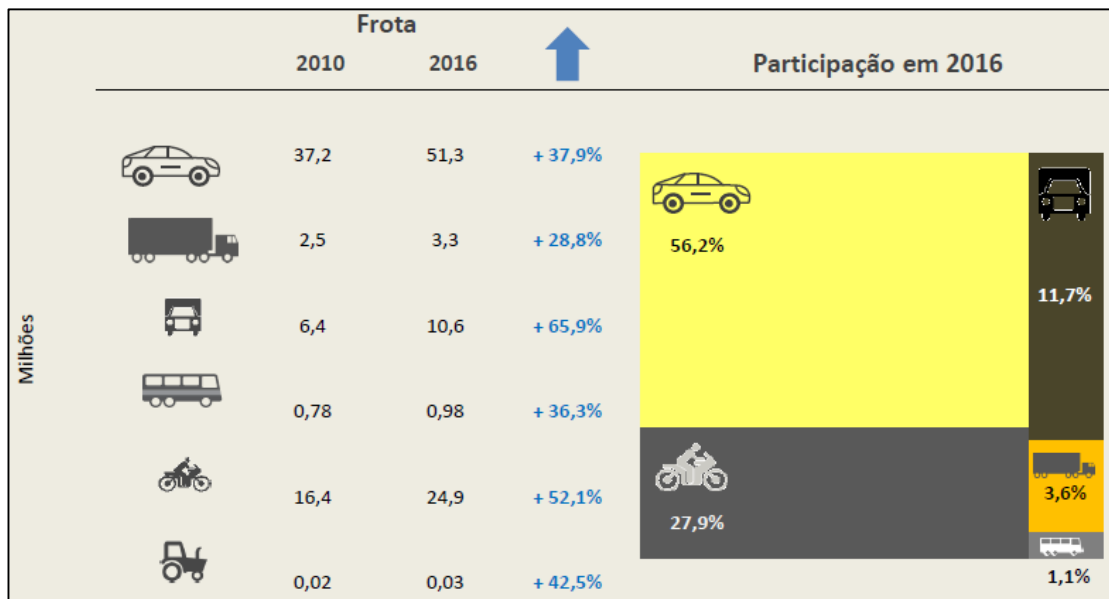


Fonte: United Nations (2003 *apud* IPEA, 2006).

Esse inchaço populacional das cidades tem diversas consequências, que em termos de mobilidade urbana, estão associadas ao aumento da demanda por Transporte de Passageiros e por Transporte de Cargas. Nesse primeiro caso, os reflexos podem ser vistos no crescimento expressivo do uso do transporte individual motorizado, como exemplo, os carros e as motocicletas, com as maiores participações na frota em 2016, demonstradas na Figura 2. Destaca-se, ainda, o cenário para os veículos utilitários, bastante utilizados no transporte de

mercadorias, com a maior taxa de crescimento entre os tipos de veículos, com 65,9%, e a terceira maior participação da frota em 2016. O aumento na quantidade de veículos transportadores de produtos está relacionado não apenas com uma demanda progressiva, mas também com as práticas contemporâneas de produção e distribuição, baseadas em pequenos estoques e entregas pontuais (BENJELLOUN; CRAINIC, 2009).

Figura 2 – Crescimento e composição da frota de veículos no Brasil entre 2010 e 2016.



Fonte: BRASIL (2017).

Essa demanda proveniente do adensamento das cidades tem implicações diretas no maior volume de veículos transportando mercadorias, provocando impactos negativos, principalmente nas áreas centrais, comerciais e mais povoadas. Outro elemento que pressiona o setor de transportes de mercadorias e assim contribui para o crescimento da frota de veículos de carga nas redes de tráfego é a popularização das compras pela Internet (DUTRA; NOVAES; MOREIRA, 2006).

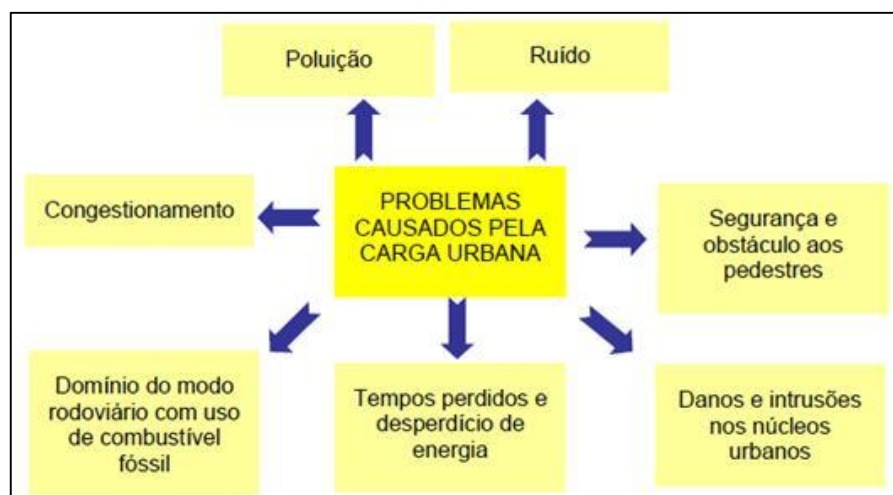
Estes fatores, ou seja, o aumento no número de veículos de transportes de passageiros e de transporte de carga, juntamente com sistemas de transportes públicos ineficientes ou insuficientes, são apontados como principais agentes promotores da crise de mobilidade nas cidades brasileiras (SANCHES JÚNIOR, 2008). O fluxo de cargas, enquanto meio imprescindível para a atividade econômica e para a competitividade regional, acarreta,

simultaneamente, diversos impactos negativos para a sustentabilidade urbana, sejam eles ambientais, econômicos e financeiros (LINDHOLM; BEHRENDTS, 2012).

1.1 Justificativa

O transporte de mercadorias no meio urbano, historicamente realizado por veículos rodoviários, tem alto impacto na ocupação viária, repercutindo na elevação dos índices de congestionamento, de poluição atmosférica e de ruídos, agravando as condições de mobilidade geral e piorando gradativamente os espaços da cidade. A Figura 3 resume, esquematicamente, os problemas associados ao transporte urbano de cargas.

Figura 3 – Problemas causados pelo transporte urbano de carga.



Fonte: Quispel (2002).

Quispel (2002) agrupou, de acordo com a natureza, os problemas observados no ambiente urbano decorrentes das atividades de movimentação de carga urbana:

- a) Aspectos ambientais: estão relacionados a impactos como a geração de poluição do ar e sonora, além da intrusão visual. A utilização majoritária de veículos rodoviários para as atividades de entrega de mercadorias em áreas urbanas e, especialmente, de motores a diesel, contribui para a elevação na emissão de poluentes no ar e a geração de ruídos. A presença de veículos de grande porte causa ainda um impacto visual negativo no ambiente urbano;
- b) Aspectos econômicos: são aqueles relacionados a impactos negativos como a formação de congestionamentos, que resultam em prejuízos como a elevação

no consumo de combustível e nos tempos de viagem. Está incluso também neste grupo a ocorrência de danos à infraestrutura viária devido à circulação de veículos de grande porte em vias inadequadas, uma vez que a operação deste padrão de veículo ocasiona prejuízos, tais como a redução na vida útil dos pavimentos, destruição de meios-fios, canteiros centrais e calçadas, além de outros elementos do mobiliário urbano (como placas de sinalização e postes, por exemplo);

- c) Aspectos da segurança viária: estão relacionados aos conflitos que ocorrem entre a movimentação de carga e as demais atividades do ambiente urbano, causando o risco de acidentes envolvendo veículos de menor porte, pedestres e ciclistas. Estes riscos se potencializam em virtude da natureza da carga, como é o caso de cargas perigosas como combustíveis e produtos químicos.

Nesse contexto, o desafio de regulamentar o fluxo de veículos de carga urbana assume grande relevância para a obtenção de estratégias que possam mitigar os impactos expostos anteriormente (OLIVEIRA, DUTRA; PEREIRA NETO, 2012).

Algumas estratégias possíveis no enfrentamento aos problemas da distribuição urbana de mercadorias foram classificadas nos seguintes grupos (Muñuzuri *et al.*, 2005 *apud* Correia, 2011):

- a) Soluções relacionadas à infraestrutura pública: estas correspondem à construção de nova infraestrutura ou adaptação da infraestrutura existente. A transferência modal, como exemplo, de ferrovias para rodovias, está enquadrada nesse grupo;
- b) Soluções relacionadas à gestão do uso do solo: estas se referem à alocação de áreas a serem usadas para as operações logísticas no ambiente urbano;
- c) Soluções relacionadas com as condições de acesso: dois tipos de restrições estão incluídos neste grupo. A primeira, a restrição espacial, impõe limites na entrada e nos deslocamentos de veículos de entregas em determinadas regiões. Já a segunda, a restrição de tempo, limita os períodos em que esses veículos podem entrar em uma área ou infraestrutura existente;
- d) Soluções relacionadas com a gestão do tráfego: estas soluções são destinadas à reorganização dos fluxos de veículos de carga em áreas congestionadas das cidades. Nesse grupo, são contempladas as tecnologias da informação;

- e) Soluções relacionadas com sanções e promoções: são aquelas usadas para estimular práticas específicas sem torná-las obrigatórias. Estão relacionadas com a possibilidade de aplicação de soluções dos grupos anteriores de uma forma conjunta.

Para qualquer uma destas vertentes de solução, o aspecto relacionado à interação entre a infraestrutura viária urbana e os veículos que dela fazem uso está presente, devendo ser considerado para o seu êxito. Dablanc (2007) destaca que os governos locais reconhecem o impacto da movimentação de cargas no ambiente urbano e que este fluxo deve ser controlado, no entanto, não sabem como realizá-lo de forma adequada.

1.2 Problema da pesquisa

As medidas adotadas para a regulamentação dos veículos de carga nas cidades brasileiras estão, usualmente, associadas a limites de peso e comprimento dos veículos. No entanto, se o objetivo dessas medidas restritivas é minimizar o impacto da operação dos veículos de carga no sistema de transporte urbano, outros parâmetros também deveriam ser observados no estabelecimento das restrições, por exemplo, a largura e distância entre pontos notáveis do veículo (distância entre eixos, balanços). Vale ressaltar que estes parâmetros são significativamente importantes para determinar o comportamento destes veículos na realização de manobras e conversões, aspecto que contribui sobremaneira no impacto causado na operação do tráfego.

Desta forma, uma regulamentação eficiente para os veículos de carga urbanos deveria levar em consideração, no mínimo, as condições de compatibilidade geométrica entre os veículos e a via. O conhecimento dessas condições permitiria não só a adoção de medidas restritivas mais eficientes, mas também poderia subsidiar o planejamento da infraestrutura urbana de forma a contemplar as atividades de movimentação de cargas, inerentes à vida na cidade. Constata-se, assim, a necessidade de investigar as condições de compatibilidade dos padrões de veículos comerciais em circulação nas áreas urbanas, identificando suas características dimensionais e suas exigências quanto à geometria viária compatível com sua circulação.

1.3 Objetivos

Analisando-se o Problema da pesquisa, foi estabelecido como hipótese de investigação a de que o conhecimento das condições de compatibilidade entre os veículos de carga e a via, pode auxiliar no estabelecimento de restrições mais eficientes, que reduza os impactos da movimentação de bens nas áreas urbanas, sem comprometer as demandas logísticas. Isso levou à elaboração do Objetivo Geral e dos Objetivos Específicos, explicitados a seguir.

1.3.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral do presente trabalho é analisar as medidas de restrição à circulação de veículos utilizados para o transporte de cargas em cidades brasileiras, com foco em suas características dimensionais, de forma a apoiar a identificação de veículos mais adequados às condições geométricas das vias urbanas.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a) Investigar experiências nacionais na gestão de vias urbanas relacionadas à regulamentação do padrão de veículos de carga em circulação;
- b) Descrever as características técnicas e operacionais de veículos utilizados para o transporte de carga no Brasil, considerando as diversas configurações de veículos comercializados;
- c) Determinar, para cada padrão de veículo investigado, os parâmetros de geometria da infraestrutura viária que devem ser atendidos, para assegurar uma operação adequada do tráfego;
- d) Avaliar as políticas restritivas à circulação de veículos de carga adotadas nas cidades brasileiras mais populosas, no que concerne ao padrão de veículos autorizados na área urbana e seus impactos;
- e) Realizar um estudo de caso na cidade de Fortaleza, para diagnosticar impactos de estratégias de restrição à circulação de diferentes padrões de veículos de carga, dadas as condições geométricas das vias.

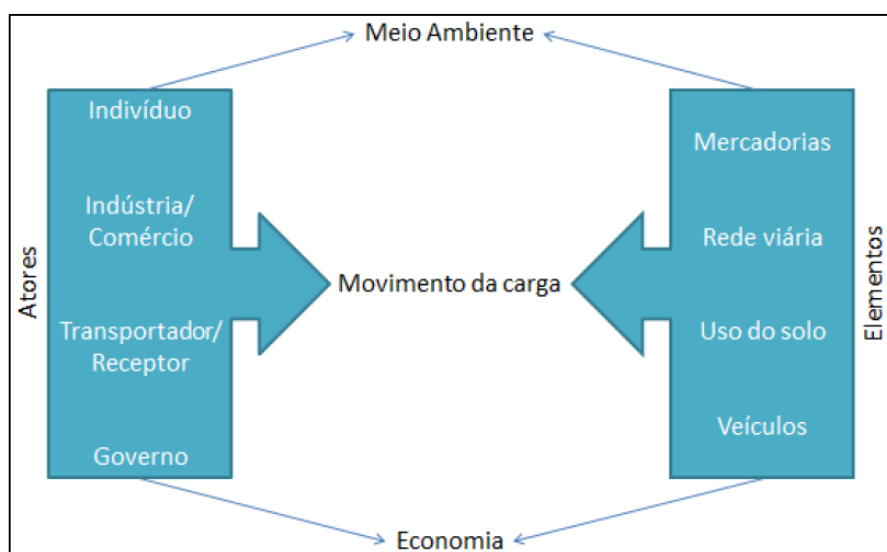
1.4 Estrutura do trabalho

Além do capítulo introdutório, este trabalho contém outros 4 capítulos. O capítulo 2 apresenta uma breve revisão sobre transporte urbano de cargas, sua regulamentação e a relação do veículo de projeto com os estudos de compatibilidade veículo-via. O Capítulo 3 contém o método utilizado para a realização do trabalho e algumas considerações sobre os dados. O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos nas análises realizadas juntamente com uma discussão. E, por fim, o Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho, juntamente com recomendações para futuros trabalhos. Segue-se então a lista de referências consultadas para este estudo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Devido à importância já comentada do transporte de bens para a vitalidade de uma cidade, tornou-se impreterível discutir e propor medidas que minimizem as contribuições negativas inerentes ao aumento da quantidade de veículos transportadores de carga em áreas urbanas (STATHOPOULOS; VALERI; MARCUCCI, 2012). Para tal, a análise do comportamento ou interação dos veículos de carga urbano com as vias pode subsidiar a tomada de decisão em prol de uma melhor operação e fluidez do tráfego. A Figura 4 mostra que a rede viária e os veículos de carga, categorizados como elementos do sistema de transporte de carga urbana, influenciam o meio ambiente e a economia durante a movimentação de mercadorias.

Figura 4 – Estrutura do sistema de transporte de carga urbana.



Fonte: ALVES (2017 *apud* WOUDSMA, 2001).

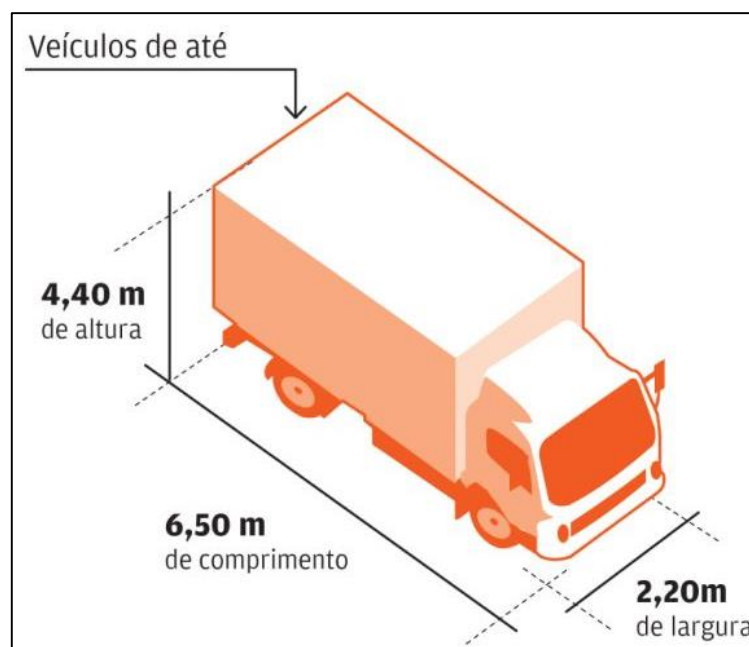
2.1 Regulamentação do transporte urbano de carga

Diversas cidades ao redor do mundo têm vivenciado experiências bem-sucedidas no enfrentamento dos problemas da logística urbana, sendo desenvolvidos projetos como o *Best Urban Freight Solutions* (BESTUFS, 2018), que reuniu experiências internacionais de sucesso na aplicação de estratégias de logística urbana. Algumas medidas têm sido adotadas pelos órgãos gestores de trânsito visando mitigar os impactos da circulação de veículos de

carga nas áreas urbanas brasileiras (BROWN, 2003; DUTRA, 2004; OLIVEIRA, 2007). Estas ações vão desde a adoção de medidas restritivas, por exemplo, as chamadas “janelas de tempo”, onde é autorizada a circulação de determinado padrão de veículo em horários de baixos volumes de tráfego. Este é o caso da estratégia de entrega noturna, onde a circulação dos veículos de carga é liberada apenas nos horários fora do período comercial. Outras iniciativas mais radicais são, por vezes, empregadas, podendo culminar na proibição completa de circulação de determinados padrões de veículos em áreas da cidade.

Algumas capitais brasileiras, buscando reduzir os impactos da movimentação de carga nas condições de mobilidade urbana, estabeleceram restrições a circulação de determinados padrões de veículos de carga. Nas cidades de São Paulo (SÃO PAULO, 2016a; SÃO PAULO, 2016b) e Fortaleza (FORTALEZA, 2015), foi proposta a adoção de um Veículo Urbano de Carga - VUC, veículos estes de menores dimensões e que gozam de livre circulação na cidade. Por sua vez, os demais tipos de veículos de carga com maiores dimensões têm circulação restrita em dias e horários estabelecidos. A Figura 5 mostra uma representação do VUC estabelecido em Fortaleza, e a Figura 6 apresenta um exemplo de veículo que pode ser classificado como VUC, tanto em São Paulo, quanto em Fortaleza.

Figura 5 – VUC estabelecido em Fortaleza.



Fonte: O POVO (2016).

Figura 6 – Exemplo de VUC: Accelo 815 / 31 Plataforma 4x2.



Fonte: Mercedes-Benz (2015).

Outras cidades, como ocorre em Porto Alegre e Curitiba, não estabeleceram um padrão de VUC, regulamentando apenas restrições a circulação e/ou estacionamento de veículos de carga em determinados locais, dias e horários da semana, sendo utilizados como critérios, as características de peso e dimensões destes veículos. No caso da cidade do Rio de Janeiro, a restrição à circulação de caminhões foi estabelecida sem fazer distinção quanto ao porte do veículo de carga, apresentando apenas exceções para o caso de veículos de socorro e emergência, transporte de valores, mudança residencial, serviços de utilidade pública, combustíveis e lubrificantes que abastecem os aeroportos da cidade (RIO DE JANEIRO, 2016). Essas restrições foram suspensas excepcionalmente pelo Decreto n° 44.598 de 28 de maio de 2018, do período de 29 de maio a 17 de junho de 2018, no contexto da paralisação nacional dos caminhoneiros ocorrida no primeiro semestre desse ano, com o intuito de agilizar o abastecimento da cidade (RIO DE JANEIRO, 2018).

Belo Horizonte, desde o ano de 1995, vem efetuando ações de integração e regulamentação da atividade de transporte de cargas (BHTRANS, 2017), e atualmente, impõe restrições baseadas no comprimento total e na lotação (carga útil máxima transportada pelo veículo), sem atribuir um padrão específico de VUC. Sua Prefeitura, através da Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), elaborou resumos da legislação regulamentadora do transporte de bens em várias cidades brasileiras e no mundo, como apresentam o Quadro 1 e Quadro 2, respectivamente.

Quadro 1 – Resumo da regulamentação do transporte de bens em cidades brasileiras.

Medidas / Localidades	Belo Horizonte	São Paulo	Salvador	Curitiba	Rio de Janeiro	Belém	Campo Grande	Cuiabá	Florianópolis	Fortaleza	Goiânia	Maceió	Manaus	Porto Alegre	Recife	São Luiz	Vitória
Restrição de Horário	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	
Restrição de Circulação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Faixa regulamentada		X		X													
Rotativo		X		X													
Radar				X	X												
Internalização das vagas	X																
Rodízio		X															
Dimensão/Tonelada	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

Fonte: BHTRANS (2017).

Quadro 2 – Resumo da legislação aplicada em alguns países do mundo.

Medidas / Localidades	Alemanha	Holanda	Bordeaux	Londres	Tóquio	Nova Iorque	Bélgica
Restrição de Horário			X	X		X	
Centro de distribuição	X	X					X
Padronização de embalagens		X					
Veículos menos poluentes			X				
Planos de Mobilidade			X				
Determinação de rotas				X			
Sistema de Informação em tempo real					X		
Restrição de estacionamento				X		X	
Rotativo						X	
Restrição de circulação				X			
Criação de "Vias Principais"					X		

Fonte: BHTRANS (2017).

Pelo Quadro 1, observa-se que as cidades citadas apresentam pelo menos algum tipo de restrição, predominando aquelas associadas à restrição de circulação, dimensão/tonelada e/ou horário. Percebe-se ainda, a existência de outras iniciativas como áreas de estacionamento rotativo para carga e descarga, rodízio de acordo com o número das placas dos veículos, faixas regulamentadas e fiscalização eletrônica. Destaca-se a

internalização das vagas para estacionamento de veículos de carga em algumas edificações, reduzindo o impacto da ocupação da via pública durante as atividades de carga e descarga.

Para as localidades estrangeiras expostas no Quadro 2, ressalta-se que apesar da presença de estratégias incomuns com o cenário brasileiro atual, como um sistema de informação em tempo real e a padronização de embalagens, a restrição de horário continua em posição de destaque entre os grandes centros urbanos. Isso pode ser atribuído ao baixo custo de implementação dessa modalidade de regulamentação, diferentemente da criação de “vias principais”, por exemplo. Outra estratégia que predomina nessas cidades estrangeiras, é o centro de distribuição, que nesse caso, exige um esforço de planejamento maior e mais amplo. No Anexo A, são listadas as intervenções adotadas nas localidades apresentadas no Quadro 2.

2.2 Veículo de Projeto

A investigação e discussão da ocupação viária dos veículos de carga e sua compatibilidade geométrica com a via ofertada, remete ao papel do veículo de projeto, utilizado regularmente no projeto geométrico de vias rurais para o dimensionamento da infraestrutura, de forma a assegurar condições operacionais compatíveis com as exigências dos veículos. Considerando as diferenças entre as vias rurais e urbanas, é válido frisar a importância da análise das características operacionais dos veículos durante o projeto viário para assim produzirem infraestruturas seguras, eficientes, e que justifiquem o investimento realizado (PIMENTA; OLIVEIRA, 2004). Antas *et al.* (2010), afirmam que as qualidades de um projeto viário, sejam boas ou ruins, estão embutidas na geometria do seu traçado, reforçando a importância do veículo de projeto utilizado na concepção desta geometria.

O veículo de projeto é definido pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), como aquele representativo das dimensões, peso e características operacionais de uma determinada classe de veículos (AASHTO, 2004). A não utilização de um veículo representativo do tráfego para a definição dos parâmetros de geometria resulta numa infraestrutura com restrições que comprometem não apenas seu desempenho e segurança, mas também dos demais veículos que compartilham a via. A escolha deste veículo deve ser tal que ele tenha dimensões e raios de giro mínimos superiores ao da maioria dos veículos de sua classe. Para a *Transportation Association of Canada* (TAC), a escolha desse veículo deve ser baseada em função das características da frota de veículos e não nas dimensões do maior veículo de uma classe, nem em valores médios ou nas

dimensões legais máximas (TAC, 1999). Segundo a *Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities* (AUSTROADS), por sua vez, o veículo de projeto deve ser capaz de acolher com segurança e conforto pelo menos 85% dos veículos que operam na infraestrutura viária (AUSTROADS, 2002). O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), cita no seu Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas (2010), uma definição de veículo de projeto semelhante à adotada pela AASTHO, inclusive por usar suas publicações como referência.

Para o projeto viário, o peso bruto total dos veículos (PBT), que afeta diretamente a conservação da superestrutura, conjugado com as configurações dos eixos e a posição do centro de gravidade, influi no dimensionamento e configuração do pavimento, de separadores rígidos e defensas (DNIT, 2010). Muitas cidades associam o PBT ao porte do veículo e usam essa variável como critério limitante, não por uma questão de compatibilidade geométrica, mas em benefício da conservação do pavimento.

Demonstrando a relevância das características físicas dos veículos para o projeto geométrico, o Quadro 3 traz exemplos de diversos aspectos presentes na infraestrutura urbana e que são condicionados por essas características.

Quadro 3 – Principais características dos veículos que condicionam o projeto geométrico de vias urbanas.

Característica do veículo	Aspecto da via
Largura	Largura da pista de rolamento, acostamento, largura de estacionamento e ramos de interseções.
Distância entre eixos	Cálculo da superlargura, varredura e raios mínimos internos das pistas de ramos.
Comprimento total	Largura dos canteiros, extensão das faixas de espera e dimensão de estacionamentos.
Altura admissível	Gabarito vertical (altura livre mínima permitida em uma via).

Fonte: DNIT (2010).

Para o estudo realizado nesse trabalho, foi investigado o comportamento de diferentes padrões de veículos comerciais autorizados a circular no País, identificando através de suas características dimensionais, aqueles que apresentam maior complexidade de operação.

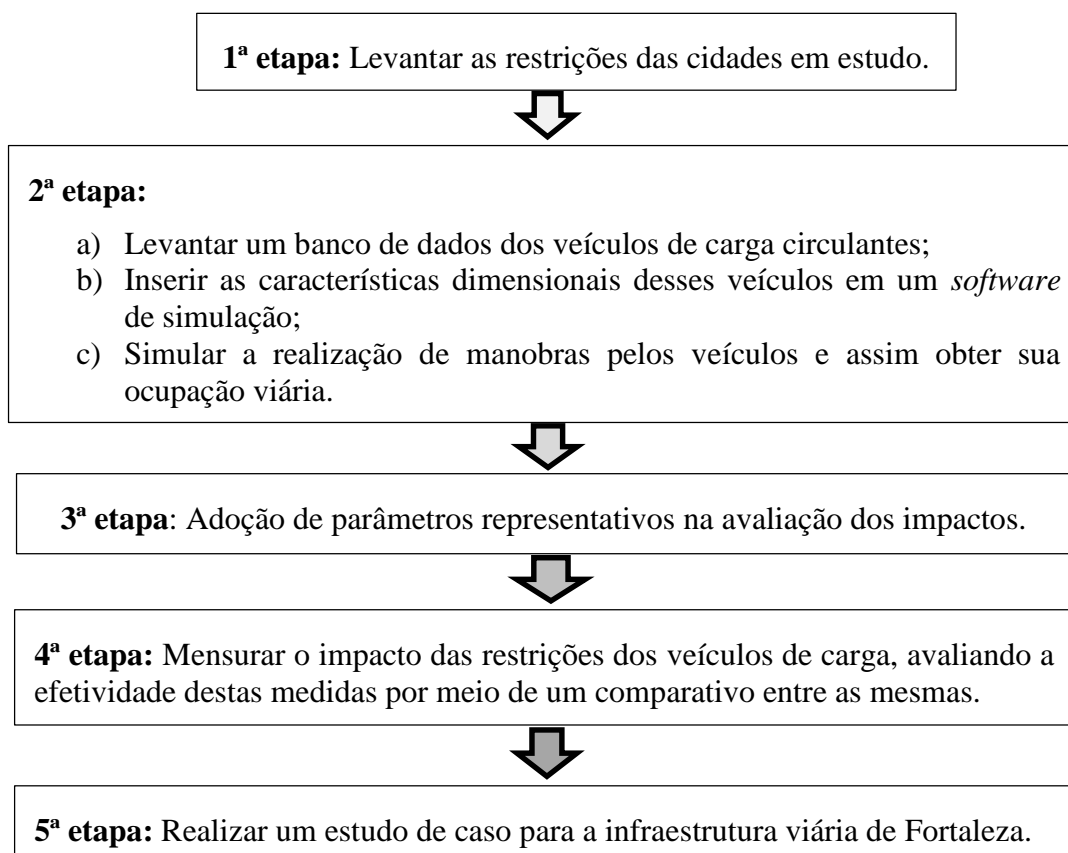
3 MÉTODO

O ponto inicial para o desenvolvimento desse trabalho foi o levantamento das experiências nacionais relacionadas às restrições de veículos de carga em circulação. Decidiu-se quais cidades brasileiras participariam da pesquisa pelo porte populacional, já que uma maior população exige um fluxo mais intenso de veículos de carga, além de outros problemas de mobilidade existente nas metrópoles.

Em seguida, montou-se uma relação de veículos utilizados no transporte de carga, para serem confrontados com as restrições e, posteriormente, simulados com auxílio de um *software* específico para o estudo de manobras e compatibilidade. Para avaliar o mérito das políticas de restrições das cidades selecionadas no estudo, foi eleito um parâmetro representativo que permitisse comparar as regulamentações entre si. Com os impactos das restrições de cada cidade medidos através das simulações, obteve-se um comparativo entre os efeitos de cada medida restritiva analisada.

Por fim, para o estudo de caso em Fortaleza, determinou-se um veículo representante dos impactos de cada uma das restrições levantadas, de modo a investigar seu comportamento na infraestrutura fortalezense. A área do estudo foi escolhida a partir de uma caracterização, observando o uso do solo da região (se existia comércio atuante), a composição e o volume do tráfego. O procedimento metodológico adotado para o presente trabalho está resumido no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 – Etapas do método.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.1 Levantamento de dados

Para a execução integral das etapas que necessitavam de dados, por exemplo, o estudo de caso, fez-se um levantamento dos dados necessários conforme descrito nos subitens a seguir:

3.1.1 *Levantamento das políticas públicas relacionadas à gestão da circulação de veículos de carga em áreas urbanas*

Para a definição inicial das cidades a serem pesquisadas, foi considerado como critério suas populações, sendo selecionadas as dez cidades brasileiras mais populosas, pois o adensamento urbano gera um ambiente de maior competição pelo uso dos espaços de circulação. Assim, as cidades brasileiras com maior número de habitantes, segundo as estimativas do IBGE (2017), estão apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Dez cidades mais populosas do Brasil em 2017.

UF	Município	População em 2017
SP	São Paulo	12.106.920
RJ	Rio de Janeiro	6.520.266
DF	Brasília	3.039.444
BA	Salvador	2.953.986
CE	Fortaleza	2.627.482
MG	Belo Horizonte	2.523.794
AM	Manaus	2.130.264
PR	Curitiba	1.908.359
PE	Recife	1.633.697
RS	Porto Alegre	1.484.941

Fonte: IBGE (2017).

A pesquisa bibliográfica relacionada às legislações envolvendo o trânsito de veículos de cargas nessas cidades, foi realizada através de consultas às páginas eletrônicas dos órgãos de trânsito e de transporte das administrações municipais e estão apresentadas no Anexo B.

Durante o levantamento das políticas de restrição, foi verificado que nas cidades de Brasília (CORREIO BRAZILIENSE, 2014) e Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2016) são adotadas legislações cuja restrição está relacionada ao tipo de veículo e seu uso (carga ou passageiro), não sendo estabelecido nenhuma propriedade dimensional ou de peso que permita a verificação/comparação com as estratégias adotadas nas demais cidades pesquisadas. Desta forma, estas duas cidades foram excluídas da investigação desenvolvida. Os outros municípios pesquisados possuem na legislação referente ao transporte de carga, especificações mensuráveis, como o PBT, a lotação e/ou comprimento para os veículos de carga autorizados a circularem em determinadas áreas e horários.

3.1.2 Levantamento das configurações de veículos de carga regulamentados em cidades brasileiras

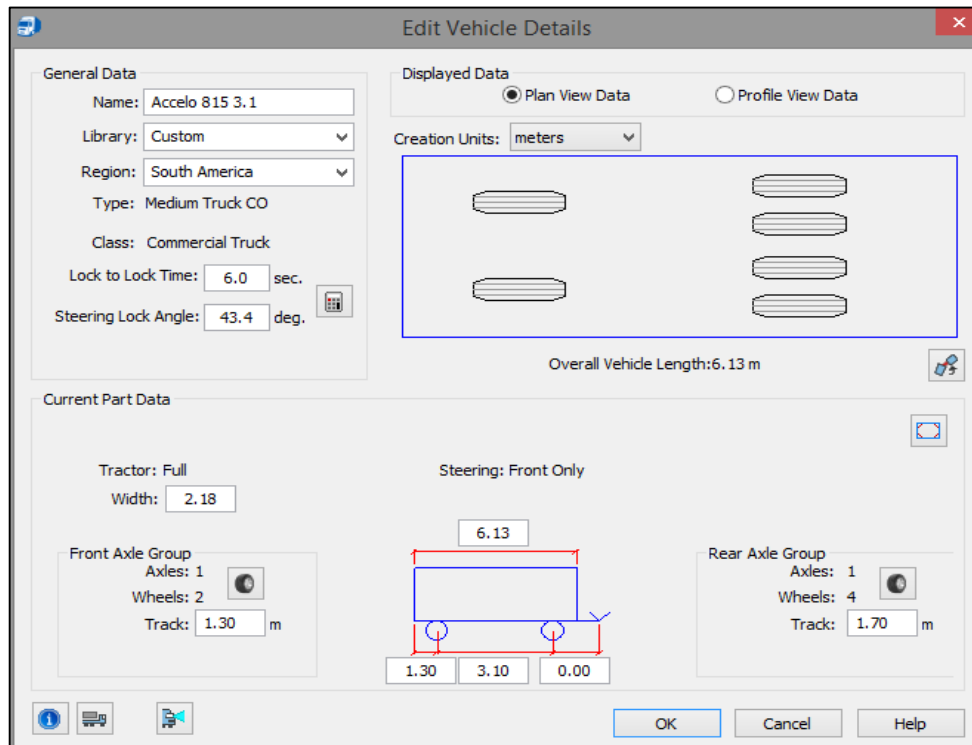
Para o levantamento das configurações técnicas dos veículos de carga disponíveis no mercado brasileiro, buscou-se primeiramente aqueles que poderiam obedecer às restrições impostas nas cidades investigadas. Essa listagem foi norteadada pela disponibilidade das informações nos catálogos de fabricantes dos veículos, incluindo alguns dos veículos de carga

mais vendidos no país no ano de 2017, segundo as páginas eletrônicas Estadão (2018) e Revista Carga Pesada (2018).

O resultado desse levantamento gerou uma lista com os dados de 83 veículos fabricados por 5 montadoras distintas, e está apresentada no Apêndice A. O processo continuou com a utilização de planilha eletrônica para a tabulação das características destes veículos - dimensões, lotação e PBT, sendo classificados segundo as condições de circulação entre as cidades observadas: circula sem restrições, circula com restrições e circulação não permitida. Foram considerados não apenas os veículos que atendiam integralmente a legislação das cidades, mas também alguns que ultrapassavam parcialmente os limites, de forma a revelar informações dos seus comportamentos e confrontar com os veículos regulamentados. Os veículos que apresentavam características muito acima do padrão de um veículo semipesado ou médio, não entraram no estudo pois não contribuiriam para a formação de um padrão do veículo urbano que pode operar eficientemente nas cidades.

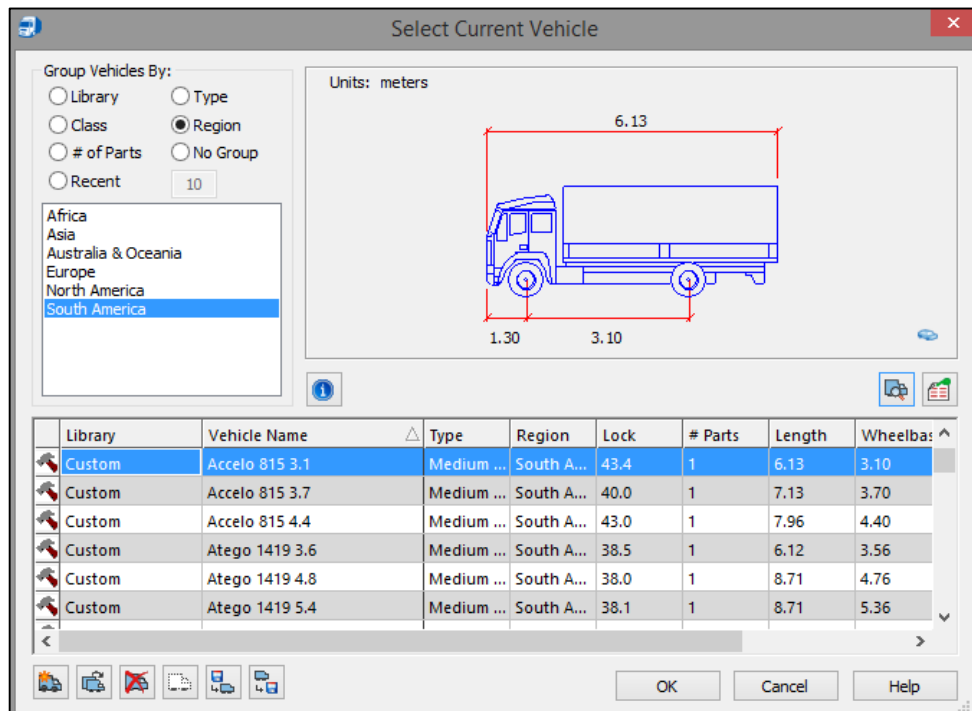
As dimensões desses veículos foram inseridas no *software* Autoturn (Transoft Solutions, 2008), de plataforma CAD, afim de simular as manobras de curva a 90° e a 180° e encontrar as respectivas varreduras máximas, ou seja, o espaço ocupado nas vias por esses veículos durante as manobras. Os valores de varreduras encontrados para cada veículo também foram agrupados no Apêndice A. A Figura 8 e a Figura 9 demonstram parte do processo de simulação realizado com o *software* mencionado.

Figura 8 – Inserção das dimensões dos veículos no *software* Autoturn.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 – Seleção do veículo para simulação de varredura.



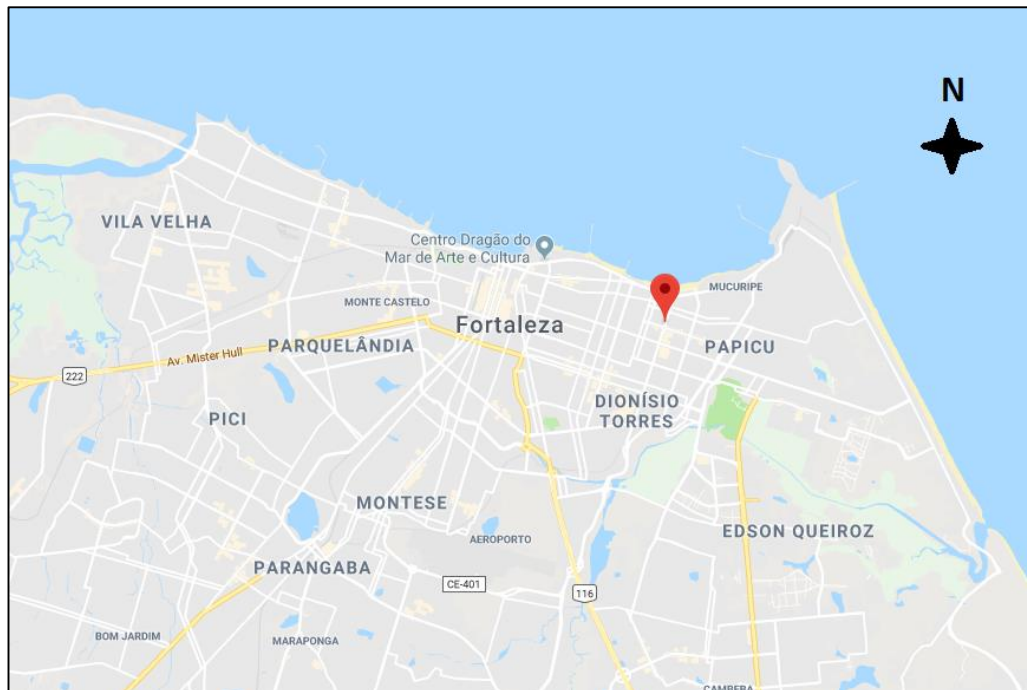
Fonte: Elaborada pelo autor.

Tais indicadores de varredura, aliados às características de lotação, PBT, raio de giro (distância descrita entre o centro da curva e a borda mais externa ocupada pelo veículo) e dimensões dos veículos (comprimento, largura, distância entre eixos, balanços traseiros e dianteiros) são fundamentais na investigação de impactos operacionais, permitindo assim comparar tanto a efetividade das restrições impostas nas cidades brasileiras por meio das legislações, quanto os aspectos de compatibilidade com a geometria viária.

3.1.3 Levantamento de dados para o estudo de caso em Fortaleza.

A região escolhida para o estudo de caso na cidade de Fortaleza pertence à zona leste, mais precisamente entre as Ruas Tibúrcio Cavalcante, Ana Bilhar, Monsenhor Catão e Avenida Pe. Antônio Tomás, como pode ser visto na Figura 10 e na Figura 11.

Figura 10 – Indicação da região do estudo de caso em Fortaleza.



Fonte: Google Maps (2018a).

veículos de carga para identificar os *links* (segmentos viários selecionados) mais carregados da região escolhida, afim de caracterizar o padrão de deslocamentos do transporte de cargas nestas localidades e, por conseguinte, orientar a realização do estudo de caso.

Os dados provenientes do Sistema CTAFOR apresentam apenas informações de volumes de tráfego, sem informações referentes a sua classificação. Esses dados brutos foram consultados para orientar a realização das pesquisas classificatórias de tráfego, afim de caracterizar a categoria de veículos em circulação. Os dados das pesquisas volumétricas e classificatórias realizadas estão apresentados no Apêndice B.

As coletas ocorreram entre os dias 03 e 26 de maio de 2016, nos picos da manhã e da tarde, de 8h45min. às 10h15min. e de 15h45min. às 17h15min.. Foi verificado para 42 *links*, o volume e a classificação do tráfego de caminhões (entre VUC, caminhão médio e caminhão pesado). Para efeito de análise, foram descartados os 15 minutos iniciais e finais da pesquisa, totalizando coletas de uma hora por turno. As pesquisas se concentraram nas interseções listadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Interseções onde foi realizada a pesquisa volumétrica e classificatória.

Ordem	Cruzamento	Ordem	Cruzamento
1	Av. Desembargador Moreira x Rua Maria Tomásia	12	Rua Osvaldo Cruz x Av. Dom Luís
2	Av. Desembargador Moreira x Rua Pereira Valente	13	Av. Santos Dumont x Rua Barbosa de Freitas
3	Av. Desembargador Moreira x Rua Torres Câmara	14	Av. Santos Dumont x Rua Osvaldo Cruz
4	Av. Dom Luís x Rua Barbosa de Freitas	15	Av. Santos Dumont x Rua Tibúrcio Cavalcante
5	Av. Dom Luís x Rua Coronel Jucá	16	Rua Torres Câmara x Rua Joaquim Nabuco
6	Av. Dom Luís x Rua Tibúrcio Cavalcante	17	Rua Vicente Leite x Rua Maria Tomásia
7	Av. Dom Luís x Rua Vicente Leite	18	Av. Sen. Virgílio Távora x Rua Canuto de Aguiar
8	Rua Leonardo Mota x Rua Pereira Valente	19	Av. Sen. Virgílio Távora x Av. Dom Luís
9	Rua Leonardo Mota x Av. Santos Dumont	20	Av. Sen. Virgílio Távora x Rua Eduardo Garcia
10	Rua Leonardo Mota x Rua Torres Câmara	21	Av. Sen. Virgílio Távora x Av. Santos Dumont
11	Rua Monsenhor Catão x Av. Santos Dumont		

Fonte: Elaborado pelo autor.

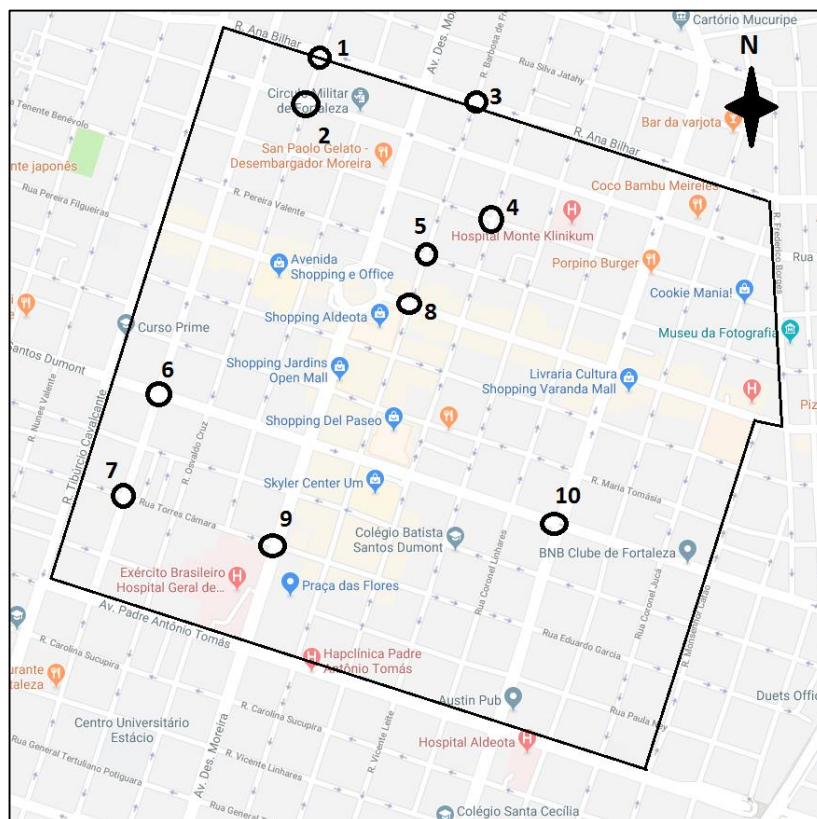
Os dados coletados das pesquisas de tráfego de veículos de carga, foram utilizados para caracterização do fluxo, permitindo assim, definir os locais da região mais adequados para a realização do estudo. A partir dessa pesquisa de tráfego, escolheu-se 10 cruzamentos da região do estudo de caso para receberem as simulações das manobras de veículos representativos das restrições de cada cidade. As simulações desses veículos, doravante chamados de veículos críticos, permitiram visualizar a interação geométrica entre os veículos de carga e a infraestrutura viária de Fortaleza. Os cruzamentos selecionados estão nomeados no Quadro 6 e indicados na Figura 12.

Quadro 6 – Cruzamentos que receberam as simulações de curvas dos veículos críticos.

Número	Cruzamento	Motivo da escolha
1	Rua Ana Bilhar x Rua Osvaldo Cruz	Rota para transporte de carga
2	Rua Canuto de Aguiar x Rua Osvaldo Cruz	Rota para transporte de carga
3	Rua Barbosa de Freitas x Rua Ana Bilhar	Rota para transporte de carga
4	Rua República do Líbano x Rua Leonardo Mota	Rota para transporte de carga
5	Rua Barbosa de Freitas x Rua Pereira Valente	Rota para transporte de carga
6	Rua Joaquim Nabuco x Avenida Des. Leite Albuquerque	Rota para transporte de carga
7	Rua Eduardo Garcia x Avenida Des. Leite Albuquerque	Rota para transporte de carga
8	Rua Barbosa de Freitas x Avenida Dom Luís	Alto volume de veículos de carga
9	Rua Eduardo Garcia x Avenida Des. Moreira	Alto volume de veículos de carga
10	Avenida Santos Dumont x Av. Sem. Virgílio Távora	Alto volume de veículos de carga

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Cruzamentos que receberam as simulações de curvas dos veículos críticos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 Estudo de Caso

A partir da planta com dados da geometria viária da região estudada e fazendo uso do *software* Autoturn, foram realizadas simulações das manobras de conversões nos 10 cruzamentos investigados (curvas de 180° não entraram nessa análise pois não haviam locais com retorno permitido), sendo utilizado nessas simulações, o veículo crítico. Esse veículo é aquele, entre os 83 listados, que possui as maiores varreduras e, portanto, maior ocupação na via, sem que suas características dimensionais e/ou técnicas excedam os limites estabelecidos pelas restrições de cada cidade. Assim, para cada cidade analisada e sua respectiva política de restrição à circulação de veículos de carga, obteve-se pelo menos um veículo crítico, que representa a situação operacional mais desfavorável, dentre os veículos com livre circulação. Os veículos críticos de cada cidade com suas respectivas restrições levantadas, estão listados no Quadro 7.

Quadro 7 – Veículos com as maiores varreduras aptos a circular livremente.

Veículo crítico	Restrição	Cidade	Varredura da conversão a 90° (m)
Cargo 1723/3.56	Comprimento	Recife	4,26
Daily 70C17/4.35	PBT, comprimento e largura	Manaus	4,01
Accelo 815/3.7	VUC	São Paulo	3,86
Daily 70C17/3.75	Lotação e comprimento	Belo Horizonte	3,83
Daily 70C17/3.75	PBT e comprimento	Porto Alegre	3,83
Daily 70C17/3.75	VUC	Fortaleza/Salvador	3,83
Sprinter Street 311/4.3	Lotação e comprimento	Curitiba	3,69

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao inserir as varreduras nos cruzamentos estudados, foi possível investigar o comportamento e interferências dos veículos ao executarem as manobras. Nos cruzamentos onde a sinalização permitia, foram feitas duas manobras: conversão para esquerda e direita, obedecendo o sentido da via. Para simular a interação do veículo de carga com a via e assim

avaliar sua compatibilidade, todas as conversões foram ajustadas para que a varredura do veículo ficasse sempre que possível, na sua faixa de tráfego, seguindo a legislação de trânsito.

A interação com o gabarito vertical não foi contemplada no estudo devido à inexistência de dados secundários e a dificuldade de levantar informações dos equipamentos urbanos (altura das placas, fiação, arborização, etc). Entretanto essa limitação não compromete os resultados do trabalho, uma vez que a altura máxima dos padrões de veículos listados no estudo foi de 3,44m (metros), valor bem inferior (75% menor) do que altura máxima para veículos estabelecida pelas resoluções do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), que é de 4,4m.

As faixas de tráfego com estacionamento permitido foram consideradas ocupadas por veículos com largura máxima de 2,60m, conforme a Resolução nº 210 do CONTRAN (BRASI, 2006), para possibilitar um cenário mais adverso ao tráfego, porém totalmente possível.

O comportamento dos veículos ao realizarem manobras nas interseções foi avaliado em conformidade com os seguintes padrões de compatibilidade:

- a) Padrão A: Situação de Compatibilidade Plena, onde o veículo desenvolve manobra de conversão no cruzamento utilizando apenas a faixa de tráfego destinada a sua circulação. Nesta situação, o veículo não causa interferências nas faixas de tráfego adjacentes, ocupando exclusivamente sua faixa.
- b) Padrão B: Situação de Compatibilidade Parcial, onde o veículo desenvolve manobra de conversão no cruzamento utilizando parte da faixa de tráfego adjacente (faixa de tráfego com o mesmo sentido de circulação). Tal situação foi considerada compatível com ressalvas (compatibilidade parcial), uma vez que a ocupação da faixa de tráfego adjacente pelo veículo, além de provocar uma redução na capacidade de tráfego da via, exige maior atenção dos motoristas para evitar a ocorrência de colisão lateral.
- c) Padrão C: Situação de Incompatibilidade, onde o veículo desenvolve manobra de conversão no cruzamento invadindo espaço destinado ao estacionamento, calçada ou canteiro central da via. Este cenário denota uma situação de incompatibilidade, uma vez que exige a desocupação da área destinada a veículos estacionados na via, podendo ainda causar danos na superestrutura viária com a passagem do caminhão sobre canteiros e passeios para concluir a manobra.

O padrão de compatibilidade observado foi atribuído por cruzamento, considerando dentre as manobras existentes, o comportamento mais crítico verificado (exemplo: para um cruzamento com duas conversões, sendo uma delas enquadrada no padrão “A” e outra no padrão “B”, sua classificação foi padrão “B”).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, pretende-se apresentar o produto do levantamento das restrições das cidades pesquisadas e a análise comparativa entre elas, as condições operacionais dos veículos de carga listados no trabalho, bem como a investigação da compatibilidade geométrica dos veículos críticos na malha viária de Fortaleza, no contexto do estudo de caso.

4.1 Restrições das cidades em estudo

Após o levantamento, foi possível listar as restrições das cidades brasileiras mais populosas, e identificar aquelas que utilizam critérios associados ao peso do veículo, às suas dimensões, e ainda aquelas que consideram os dois critérios conjuntamente. É importante mencionar que foram consideradas as normativas vigentes no período do trabalho, já que a exemplo dos municípios de São Paulo e Fortaleza, ocorreram algumas mudanças nas restrições durante os últimos anos. A cidade de São Paulo aumentou o comprimento máximo do VUC, de 6,5m para 7,2m (CET, 2016), e a cidade de Fortaleza retirou o critério de peso na definição do seu VUC, além de diminuir o comprimento máximo de 7,3m para 6,5m (FORTALEZA, 2015). Há notícias que o município de Curitiba também passou por alterações na sua legislação, ampliando os limites mínimos de peso para a Linha Verde (CURITIBA, 2016), porém não foi encontrada em outras fontes, mais informações ou a documentação oficializando essa possível mudança. Portanto, essa alteração nas restrições de Curitiba foi desconsiderada nas análises.

O Quadro 8 apresenta as especificações normativas levantadas no período de realização do trabalho. Os tipos de restrições estão identificados com a mesma cor, sendo quatro grupos:

- a) VUC (azul claro);
- b) PBT e dimensões (marrom claro);
- c) Lotação e dimensões (laranja claro);
- d) Apenas comprimento (roxo claro).

Quadro 8 – Medidas restritivas adotadas em cidades brasileiras para a circulação de veículos de carga.

Cidade	Tipo de Restrição	Pesos permitidos	Dimensões permitidas
São Paulo	Adoção de um Veículo Urbano de Carga (VUC)	Não estabelece limites de peso Data de fabricação a partir de janeiro de 2005	Largura $\leq 2,2\text{m}$ Comprimento $\leq 7,2\text{m}$
Salvador	Adoção de um Veículo Urbano de Carga (VUC)	Não estabelece limites de peso	Largura $\leq 2,2\text{m}$ Comprimento $\leq 6,5\text{m}$
Fortaleza	Adoção de um Veículo Urbano de Carga (VUC)	Não estabelece limites de peso	Largura $\leq 2,2\text{m}$ Altura total $\leq 4,4\text{m}$ Comprimento $\leq 6,5\text{m}$
Porto Alegre	Estabelece diferentes restrições a circulação de caminhões em áreas da cidade para dias e horários estabelecidos	PBT $\leq 10\text{t}$	Comprimento $\leq 7\text{m}$
Manaus	Estabelece diferentes níveis de restrição à circulação de veículos de carga para dias e horários estabelecidos	PBT $\leq 8\text{t}$	Comprimento $\leq 18,6\text{m}$ Altura total $\leq 4,40\text{m}$ Largura $\leq 2,6\text{m}$
Curitiba	Estabelece diferentes níveis de restrição à circulação de veículos de carga para dias e horários estabelecidos	$1,8\text{t} \leq \text{Lotação} \leq 7\text{t}$	Comprimento $\leq 7\text{m}$
		$7\text{t} < \text{Lotação} \leq 10\text{t}$	$7\text{m} < \text{Comprimento} \leq 10\text{m}$
		$10\text{t} < \text{Lotação} \leq 14\text{t}$	$10\text{m} < \text{Comprimento} \leq 14\text{m}$
		Lotação $< 14\text{t}$	Comprimento $< 14\text{m}$
Belo Horizonte	Proíbe a circulação de veículos em áreas da cidade para dias e horários estabelecidos	Lotação $< 5\text{t}$	Comprimento $< 6,5\text{m}$
Recife	Estabelece restrição de comprimento do veículo	Não estabelece limites de peso	Comprimento $\leq 6,5\text{m}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas medidas restritivas foram estabelecidas para determinados bairros, áreas e vias das respectivas cidades, e em janelas de tempo específicas para cada uma, geralmente, fora do horário de pico. As fontes consultadas no levantamento dessas restrições estão resumidas no Anexo B.

A maioria das restrições são claras e sucintas quanto às exigências do padrão de veículo de carga em circulação. Porém, não foi constatado nas leis e portarias, justificativas técnicas para a adoção dos limites estabelecidos.

É perceptível a não similaridade das restrições entre as cidades do estudo, pois apenas duas, Salvador e Fortaleza, tem limites idênticos. Isso implica dois raciocínios: a legislação leva em consideração as especificidades de cada cidade, o que provavelmente não se aplica, pois as leis e portarias não apresentaram referenciais técnicos das restrições adotadas, ou não há um compartilhamento de informações sobre os impactos e resultados dessas medidas entre os municípios contemplados no trabalho.

Entre as cidades que estabelecem propriedades mensuráveis para as características dos veículos, Fortaleza, Salvador e São Paulo, determinaram um VUC com dimensões iguais, exceto para o comprimento máximo, que ficou em 6,5m para as capitais Fortaleza e Salvador, e 7,2m na cidade de São Paulo. Como São Paulo anteriormente adotava o comprimento máximo de 6,5m, esse acréscimo foi incluído na investigação das condições operacionais requeridas pelos veículos, com o objetivo de investigar os impactos dessa mudança, se foram benéficos ou não.

Porto Alegre e Manaus possuem vários níveis de restrições e adotam a associação de PBT e comprimento máximo do veículo. A diferença notável está em alguns casos para Manaus, onde o comprimento máximo aceitável pode chegar a 18,60m com PBT de 16 toneladas (t), autorizando assim o tráfego e operação de veículos de grande porte nas vias urbanas.

Belo Horizonte possui um veículo apto a circular sem restrições de horários com um comprimento máximo igual ao dos VUC de Fortaleza e Salvador (6,5m), porém sua legislação não atribui a nomenclatura de VUC, provavelmente, pelos limites estarem vinculados também à lotação. Curitiba é a cidade com maior quantidade de níveis de restrição, com uma tendência na redução da lotação e do comprimento do veículo de carga autorizado a circular, à medida que esse se aproxima do centro da cidade.

Em Recife, a restrição limita apenas o comprimento do veículo em 6,5m, permitindo até 7,5m para veículos que solicitarem autorização especial ao órgão gestor do trânsito na esfera municipal. Apesar do comprimento máximo permitido na legislação ser igual ao de outras cidades, a ausência de um teto para outras características dos veículos pode oferecer condições para a circulação de veículos de carga com alto impacto, seja na operação,

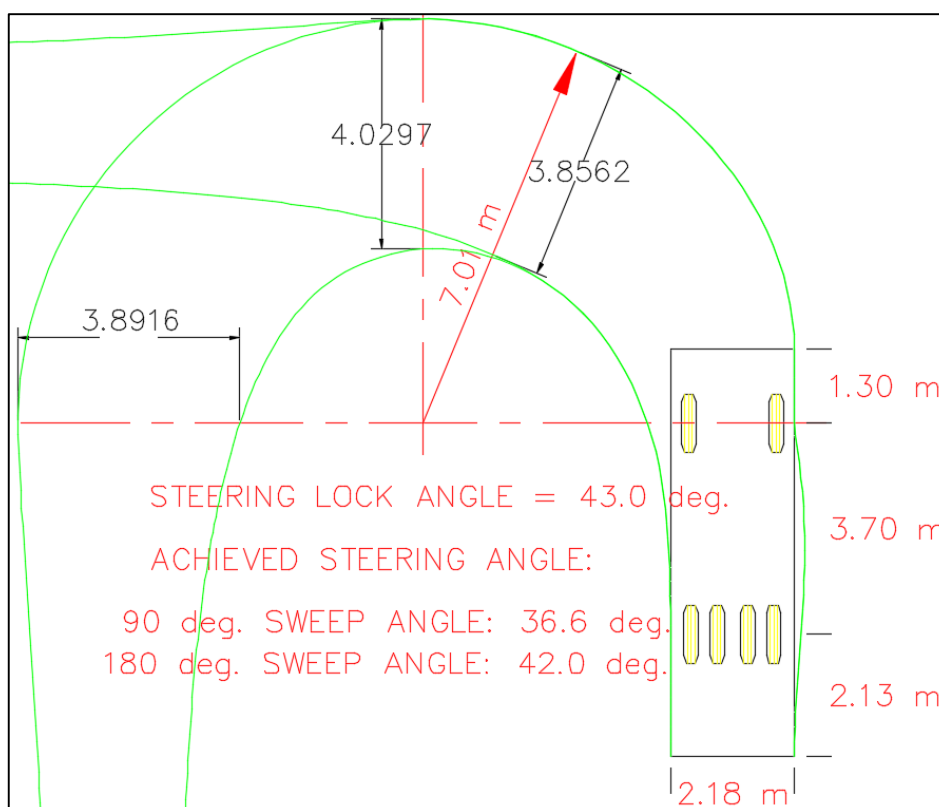
com varreduras elevadas, proporcionadas pela largura e distância entre eixos, e até na superestrutura, devido a um PBT elevado.

Sabendo a regulamentação para o fluxo de veículos de carga nas cidades mais populosas do País, e as características dimensionais dos 83 veículos listados, foi possível investigar quais deles poderiam circular livremente, com restrições ou se seriam totalmente proibidos de trafegar por algumas vias e regiões.

4.2 Identificação das condições operacionais requeridas pelos veículos investigados quanto ao aspecto da geometria viária

Com os dados dos 83 veículos inseridos no *software* Autoturn, foram obtidas as simulações de curvas a 90° e a 180°, permitindo assim medir as respectivas varreduras máximas e raio de giro dos veículos, como ilustra a Figura 13.

Figura 13 – Projeção das manobras de curva a 90° e a 180° com varreduras e raio de giro para o veículo Accelo 815/3.7.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir do conhecimento das varreduras máximas e raios de giro de cada veículo, é possível indicar as condições operacionais mínimas requeridas por estes, uma vez que para garantir mobilidade e segurança, os espaços ocupados pelos veículos para as manobras devem ser menores do que a área disponível, permitindo uma folga de segurança e conforto na operação. Os resultados gerados podem ser usados, como exemplo, no planejamento de vias, terminais, estacionamentos ou pátio de manobras. É possível ainda sugerir, um padrão de veículo de carga adequado para as vias e equipamentos logísticos de uma determinada cidade ou região.

Tais parâmetros, aliados à lotação e dimensões dos veículos (comprimento, largura, distância entre eixos) são fundamentais na investigação dos impactos e verificação dos resultados das restrições impostas nas cidades brasileiras. A Figura 14 é um fragmento dos resultados obtidos com a tabulação e simulação das características dos 83 veículos utilizados na análise. Os dados completos para todos os veículos abordados no trabalho estão no Apêndice A.

Figura 14 – Características dimensionais/operacionais de 10 dos 83 veículos de carga simulados.

<i>n</i> °	Fabricante	Modelo	Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Lotação (t)	PBT (t)	comprimento (m)	largura (m)	altura (m)	Distância entre eixo (m)	Tração
01	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	3.68	3.83	5.00	8.30	6.13	2.18	2.48	3.1	4x2
02	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	3.86	4.03	4.94	8.30	7.13	2.18	2.48	3.7	4x2
03	Mercedes-Benz	Accelo 815/44	4.07	4.27	4.87	8.30	7.96	2.18	2.48	4.4	4x2
04	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	3.63	3.76	6.28	9.60	6.13	2.18	2.49	3.1	4x2
05	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	3.83	3.98	6.19	9.60	7.13	2.18	2.49	3.7	4x2
06	Mercedes-Benz	Accelo 1016/44	4.19	4.43	6.13	9.60	7.96	2.18	2.49	4.4	4x2
07	Mercedes-Benz	Atego 1419/36	4.09	4.23	9.71	14.30	6.12	2.49	3.14	3.56	4x2
08	Mercedes-Benz	Atego 1419/48	4.42	4.58	9.59	14.30	8.72	2.49	3.14	4.76	4x2
09	Mercedes-Benz	Atego 1419/54	4.59	4.78	9.59	14.30	8.72	2.49	3.14	5.36	4x2
10	Mercedes-Benz	Atego 1719/36	4.09	4.22	11.25	16.00	6.12	2.49	3.18	3.56	4x2

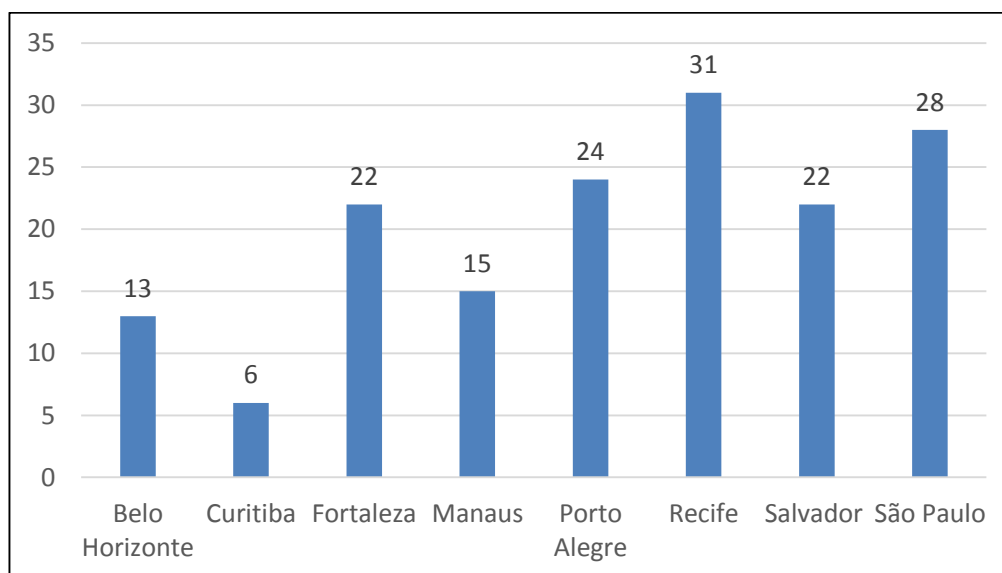
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Análise comparativa das estratégias de restrição veicular

De posse dos limites geométricos requeridos por cada veículo, realizou-se o comparativo entre as estratégias de restrições a fim de verificar qual delas desempenha melhor sua premissa de gerar menores impactos durante a circulação de veículos de carga nas vias. A análise foi feita sobre o conjunto de veículos que podem circular livremente dentro do horário comercial, considerado de 08:00 às 18:00 horas, já que o objetivo é avaliar as restrições e sua eficiência, em termos de redução de impactos e capacidade de transporte. Assim, os veículos que circulam com alguma restrição dentro do horário comercial estipulado, não foram considerados nas comparações.

O conjunto de veículos utilizado representa o padrão do transporte de carga apto a circular livremente em cada uma das cidades analisadas, onde a partir dessa classificação, foram comparados os respectivos impactos. A Figura 15 mostra o tamanho desses conjuntos de veículos com circulação irrestrita, e o Apêndice C apresenta o detalhamento, com todos os veículos pesquisados diante da regulamentação de cada cidade.

Figura 15 – Quantidade de veículos aptos a circular livremente para cada cidade.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Pela Figura 15, é possível perceber que Curitiba, Belo Horizonte e Manaus, onde há associações de restrições de dimensões e peso, apresentam menor número de veículos com

circulação totalmente liberada, e portanto, uma quantidade menor de opções de veículos que circulariam integralmente por toda a cidade.

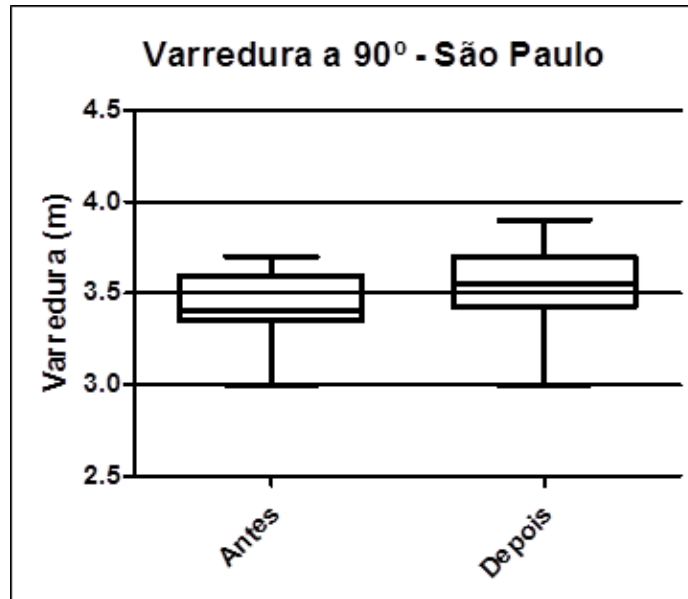
As medidas de desempenho mais relevantes para a comparação do comportamento destes veículos em relação à ocupação viária, são suas varreduras em manobras de 90° e 180°, ou seja, nas conversões e retornos, considerando nestas manobras o potencial para geração de conflitos no tráfego, por exemplo, invasão de canteiros, calçadas e faixas de tráfego adjacentes.

Em um primeiro momento, foi observado que estes parâmetros juntamente com a lotação, seriam os melhores indicadores de eficiência para os veículos de carga observados, uma vez que este último permite mensurar a capacidade de transporte dos veículos, isto é, os veículos mais eficientes para o transporte urbano de carga seriam aqueles com menores varreduras (e portanto, menor ocupação viária), e maiores lotações. Porém, levando em consideração que a indústria automotiva trabalha para reduzir constantemente o porte dos veículos de transporte de mercadorias, mantendo sempre que possível a lotação, a potência do motor, baixos índices de emissão e de ruído, o PBT tende assim, a ser reduzido nos veículos mais modernos, sem que haja perdas significativas na capacidade de carga. Desse modo, ao incluir na análise apenas a lotação, os veículos de carga com tecnologias modernas e mais compactos, e que tem, conseqüentemente, uma menor ocupação viária, poderiam ser igualados com veículos mais antigos e de maior porte, que possuíssem a mesma oferta de lotação.

Com os parâmetros dos veículos de carga de livre circulação para cada cidade, comparou-se primeiramente o VUC vigente em São Paulo a partir de maio de 2016 (CET, 2016), com as definições do VUC anterior. A alteração das dimensões levou a um aumento de 0,9m no comprimento máximo permitido (passou de 6,3m para 7,2m). Esse ponto de partida foi escolhido haja vista a necessidade de investigar as vantagens e desvantagens dessa alteração.

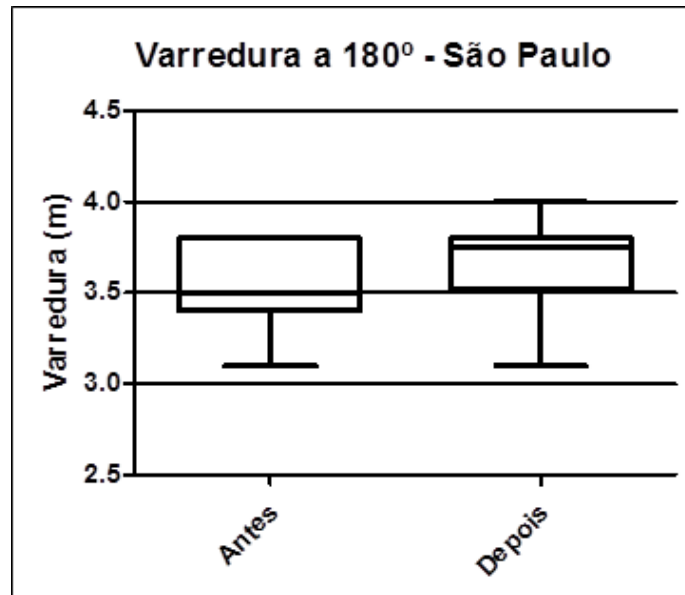
Em seguida fez-se o comparativo entre as cidades que adotavam o VUC como medida restritiva, no caso o VUC de Salvador e Fortaleza (cujas dimensões são iguais) versus o VUC de São Paulo. Ao identificar qual destas configurações apresentou melhores resultados, passou-se a comparar a melhor alternativa de VUC com as demais restrições implementadas nas outras cidades. Os resultados obtidos nas simulações realizadas para as duas configurações de VUC levantadas para a cidade de São Paulo estão apresentados nas Figuras 16, 17 e 18.

Figura 16 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).



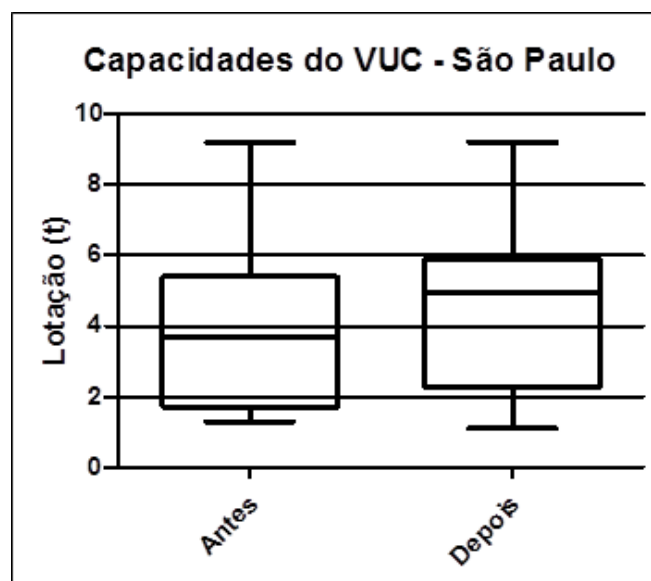
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 – Comparativo da lotação para São Paulo: VUC (antes e depois da Por. n° 31/2016).



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 16 e Figura 17 ilustram um pequeno aumento, em torno de 5%, tanto da mediana quanto do valor máximo das varreduras a 90° e a 180°, do VUC regulamentado anteriormente para o VUC vigente em São Paulo. Na Figura 18 tem-se o comparativo da lotação, parâmetro que reflete a capacidade de transporte de mercadorias dos veículos de carga, resultando no aumento da mediana em 1,28t (incremento de 34,9%). Esse acréscimo significa que o número de veículos com maiores lotações aumentou, visto que a mediana é o valor que ocupa o centro de um conjunto. A lotação aponta a capacidade de carga, como foi mencionado, mas não pode ser vista sozinha como melhor indicador de eficiência. O Quadro 9 apresenta os valores obtidos na comparação entre os veículos com livre circulação para a restrição mais antiga de VUC em São Paulo e para a restrição vigente.

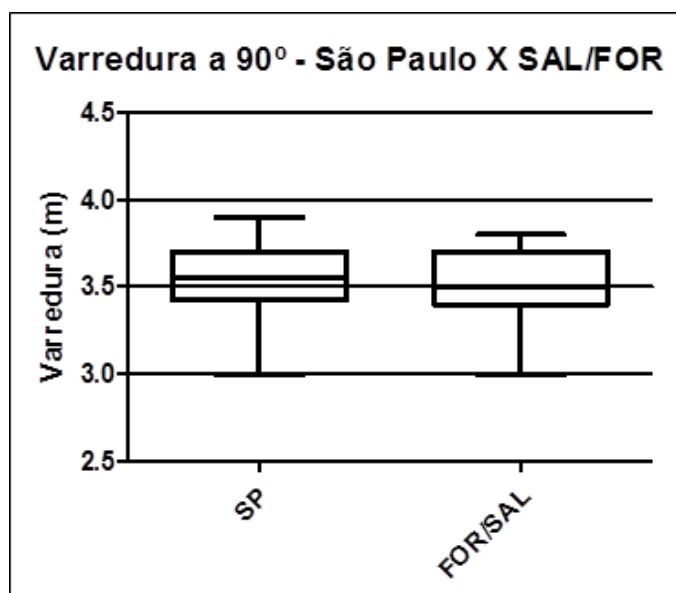
Quadro 9 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo (vigente e a anterior).

	VUC São Paulo vigente					VUC São Paulo antes				
	Raio de giro mínimo (m)	Var. 90° (m)	Var. 180° (m)	PBT (t)	Lot. (t)	Raio de giro mínimo (m)	Var. 90° (m)	Var. 180° (m)	PBT (t)	Lot. (t)
Maior valor	7.90	3.86	4.03	13.00	9.15	7.90	3.69	3.83	13.00	9.15
Menor valor	4.94	2.96	3.08	3.40	1.11	4.94	2.96	3.08	3.40	1.27
Mediana	6.95	3.57	3.72	7.98	4.97	6.71	3.41	3.53	6.00	3.69

Fonte: Elaborado pelo autor.

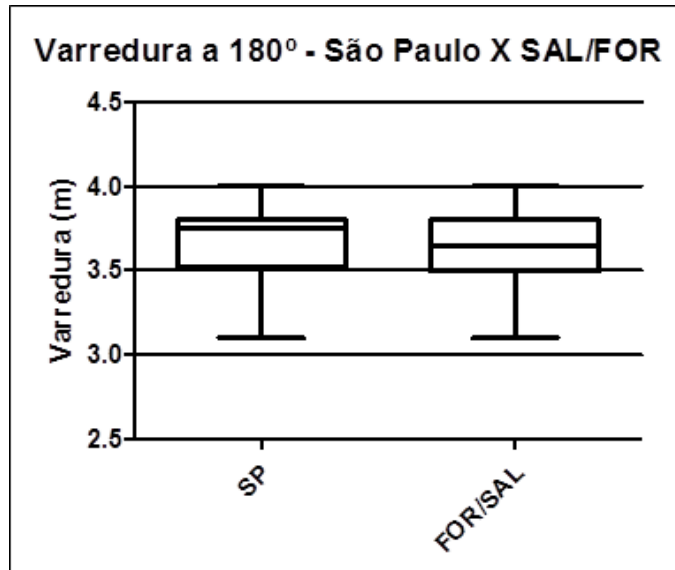
Considerando que essa mudança no aumento do limite para o comprimento do VUC de São Paulo, trouxe um ganho de 34,9% na mediana da lotação ao custo de um aumento aproximado de 5% nas medidas de varreduras, pode-se afirmar que essa alteração foi benéfica pois proporcionou ganho de capacidade de carga sem aumento significativo nos impactos das manobras dos veículos. Sabendo agora que o VUC vigente em São Paulo a partir de 2016 se apresentou como o mais eficiente, nos critérios adotados aqui, fez-se a comparação com o VUC de Salvador e Fortaleza, que são similares. Os resultados podem ser vistos nas ilustrações das Figuras 19, 20 e 21 e no Quadro 10.

Figura 19 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo e Salvador/Fortaleza.



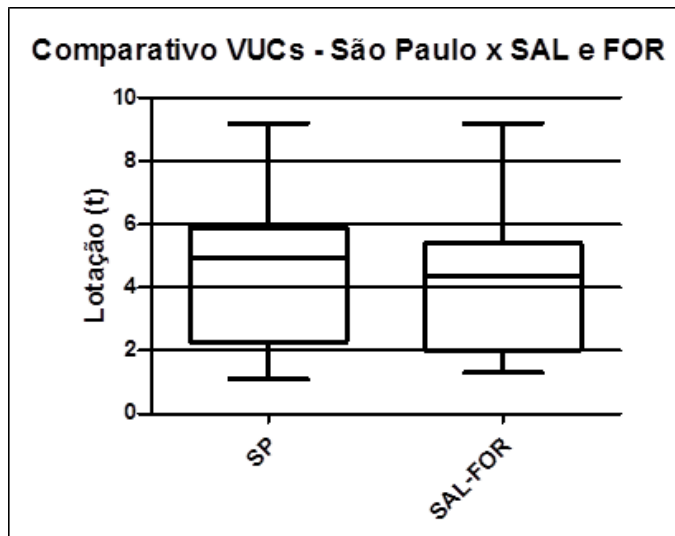
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo e Salvador/Fortaleza.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21 – Comparativo da lotação para São Paulo e Salvador/Fortaleza.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 10 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo, Salvador e Fortaleza.

	VUC São Paulo					VUC Salvador e Fortaleza				
	Raio de giro mínimo (m)	Var. 90° (m)	Var. 180° (m)	PBT (t)	Lot. (t)	Raio de giro mínimo (m)	Var. 90° (m)	Var. 180° (m)	PBT (t)	Lot. (t)
Maior valor	7.90	3.86	4.03	13.00	9.15	7.90	3.83	3.97	13.00	9.15
Menor valor	4.94	2.96	3.08	3.40	1.11	4.94	2.96	3.08	3.40	1.27
Mediana	6.95	3.57	3.72	7.98	4.97	6.81	3.52	3.65	6.75	4.36

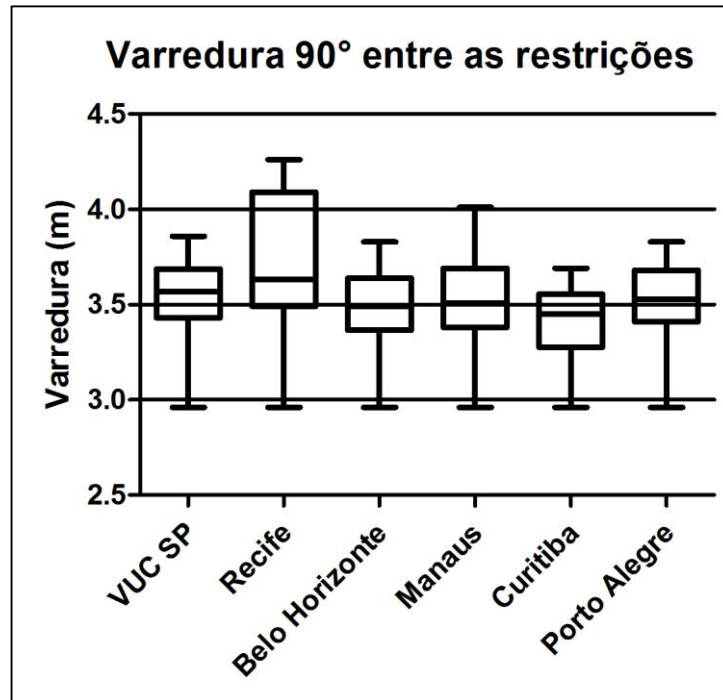
Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 10, e nas ilustrações das Figuras 19 e 20, verifica-se que o VUC de São Paulo tem varreduras máximas a 90° e 180° cerca de 0,7% e 1,5%, respectivamente, maiores que as do VUC de Salvador e Fortaleza. Observando a Figura 21, nota-se que a mediana da lotação dos veículos de carga também aumentou do VUC de Salvador e Fortaleza para o VUC de São Paulo, com um valor de 610 quilogramas (14,0%), calculados pelo Quadro 10. Dessa forma, a configuração vigente do VUC paulista durante este trabalho, continuou como a mais eficiente, já que o acréscimo na ocupação viária não foi relevante, em prol de uma maior capacidade de carga representada pela lotação.

O VUC paulista, mesmo com o maior comprimento entre os VUC, ofereceu um conjunto maior de veículos de carga aptos a circular livremente, com as maiores lotações e com uma ocupação na malha viária pouco superior à dos demais veículos avaliados até então. Essa informação pode subsidiar a tomada de decisão nas cidades de Fortaleza e Salvador, de modo a estudar se há contrapartidas positivas ao adotar as características do VUC de São Paulo. Além disso, a base de dados com as varreduras e demais informações dos veículos pode colaborar de forma significativa no processo de atualização das regulamentações, já que permite estudar cenários e comparar os impactos dos veículos de carga.

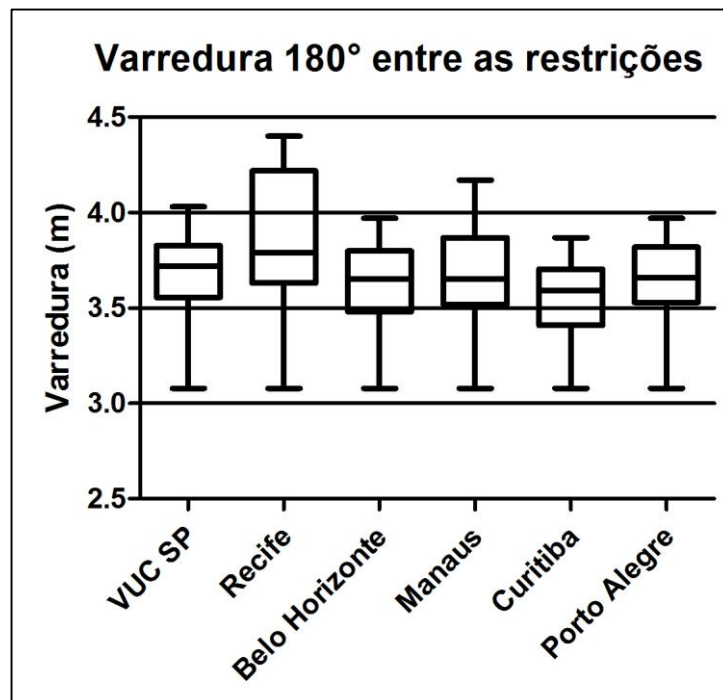
Comparou-se então, as medidas adotadas nas demais cidades pesquisadas com o resultado do VUC vigente em São Paulo. Os resultados estão sintetizados nas Figuras 22, 23 e 24, e no Quadro 11.

Figura 22 – Comparativo da varredura a 90° para São Paulo e demais cidades.



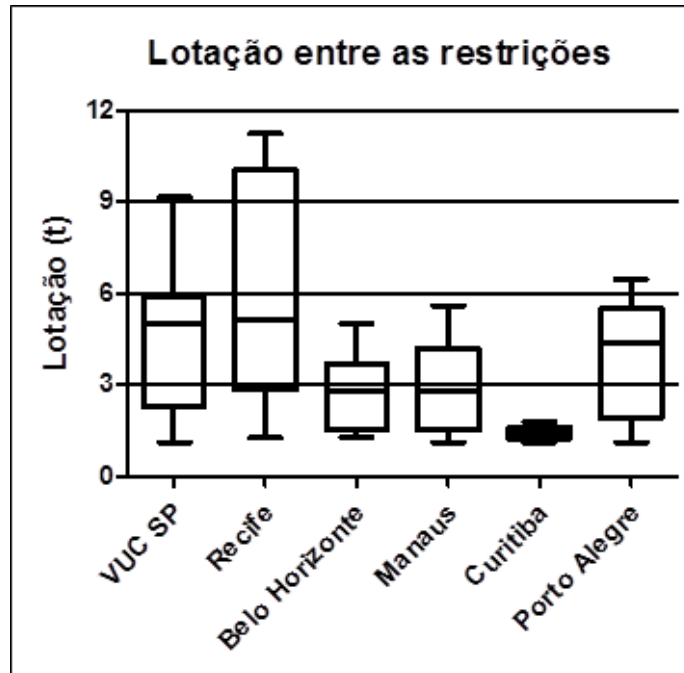
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23 – Comparativo da varredura a 180° para São Paulo e demais cidades.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 24 – Comparativo da lotação para São Paulo e demais cidades.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 11 – Características dimensionais/operacionais do conjunto de veículos para as restrições de São Paulo, Porto Alegre, Manaus, Curitiba, Belo Horizonte e Recife.

		Maior Valor	Menor Valor	Mediana		Maior Valor	Menor Valor	Mediana	
VUC - vigente em São Paulo	Raio de giro mínimo (m)	7.9	6.95	6.95	Recife	Raio de giro mínimo (m)	9.45	6.86	6.86
	90° (m)	3.86	3.57	3.57		90° (m)	4.26	3.63	3.63
	180°(m)	4.03	3.72	3.72		180°(m)	4.40	3.79	3.79
	PBT (t)	13	7.98	7.98		PBT (t)	16	8.25	8.25
	Lot. (t)	9.15	4.97	4.97		Lot. (t)	11.25	5.11	5.11
Belo Horizonte	Raio de giro mínimo (m)	7.9	6.83	6.83	Curitiba	Raio de giro mínimo (m)	7.83	6.82	6.82
	90° (m)	3.83	3.49	3.49		90° (m)	3.69	3.45	3.45
	180°(m)	3.97	3.65	3.66		180°(m)	3.87	3.59	3.59
	PBT (t)	8.3	5.3	5.3		PBT (t)	3.5	3.5	3.5
	Lot. (t)	5	2.81	2.81		Lot. (t)	1.8	1.425	1.43
Manaus	Raio de giro mínimo (m)	8.12	7.2	7.2	Porto Alegre	Raio de giro mínimo (m)	7.9	6.86	6.86
	90° (m)	4.01	3.51	3.51		90° (m)	3.83	3.53	3.53
	180°(m)	4.17	3.65	3.65		180°(m)	3.97	3.66	3.66
	PBT (t)	7.8	5.3	5.3		PBT (t)	9.7	6.75	6.75
	Lot. (t)	5.6	2.81	2.81		Lot. (t)	6.47	4.36	4.36

Fonte: Elaborado pelo autor.

Belo Horizonte e Porto Alegre apresentaram uma diminuição da varredura máxima observada para conversões à 90° e 180° de 0,03m (0,7%) e de 0,06m (1,5%), respectivamente, em relação ao VUC de São Paulo, diferença de pouco impacto. Já quando se parte para o comparativo da lotação, percebe-se um ganho no limite máximo de 4,15t (83,0%) do VUC paulista em relação a Belo Horizonte e 2,68 toneladas (41,42%) em relação a Porto Alegre. Portanto, pode-se afirmar que as restrições adotadas por estas cidades vão de encontro com a eficiência esperada pela medida, pois o VUC paulista apresenta as mesmas exigências físicas para trafegar, podendo transportar uma carga consideravelmente maior.

Em relação à cidade de Curitiba, deve-se atentar para a existência de vários níveis de restrições, dos quais só foi considerado nesta pesquisa, aquele que permite a livre circulação de veículos de carga, que é justamente o nível que estabelece os menores limites de carga e dimensão e, portanto, veículos de pequeno porte. Outra categoria de restrição em Curitiba permite a circulação na janela de 10 às 16 horas, dentro do horário comercial considerado, mas que não foi observada neste estudo para que as comparações entre as cidades ocorressem nas condições mais similares possíveis. Dessa forma, é conveniente analisar a efetividade das restrições de Curitiba de uma forma mais pontual e aprofundada.

Para os casos de Curitiba que foram comparados, obteve-se uma máxima varredura a 90° e a 180°, 0,16m menor que as varreduras do VUC de São Paulo. Isso implica uma diminuição em torno de 4%, porém a diferença entre as lotações máximas dos veículos dessas duas categorias é da ordem de 7,35t. A diferença entre as medianas das lotações chega a 3,5t. A maior lotação encontrada entre os veículos com livre circulação em Curitiba, chega a ser 05 cinco vezes menor do que a máxima lotação encontrada entre os veículos de São Paulo. Assim, a redução na ocupação viária pelos veículos de Curitiba em comparação ao VUC vigente em São Paulo, não é benéfica, diante da grande redução na capacidade de transporte.

No caso de Manaus, a ineficiência das restrições adotadas se evidencia, pois são encontrados caminhões com valores de máxima varredura a 90° e a 180° cerca de 0,15m superiores ao utilizado pelo VUC de São Paulo, porém com lotação máxima de 3,55t menor. Ou seja, há veículos de carga que ocupação a via semelhantemente ao VUC de São Paulo, oferecendo porém, uma capacidade de transporte muito inferior.

Recife, por fim, apresenta restrição apenas no comprimento do veículo, gerando máxima varredura a 90° e a 180° de 4,26 e 4,40m, respectivamente, o que significa valores em torno de 10% maiores do que os produzidos pelo VUC paulista. Esses índices já se destacam pela possibilidade de afetar negativamente as condições de mobilidade. Apesar de a

lotação máxima entre os veículos de Recife ser 23% maior do que a máxima lotação encontrada nos VUC de São Paulo, a diferença entre os valores das medianas de lotações das duas restrições é de apenas 0,14t. Ou seja, metade dos veículos de carga das duas categorias podem transportar praticamente a mesma lotação. Assim, o elevado limite máximo para a lotação dos veículos aptos a circular livremente em Recife, pode estar associado a uma pequena parcela de veículos de maior porte, já que a restrição é apenas no comprimento.

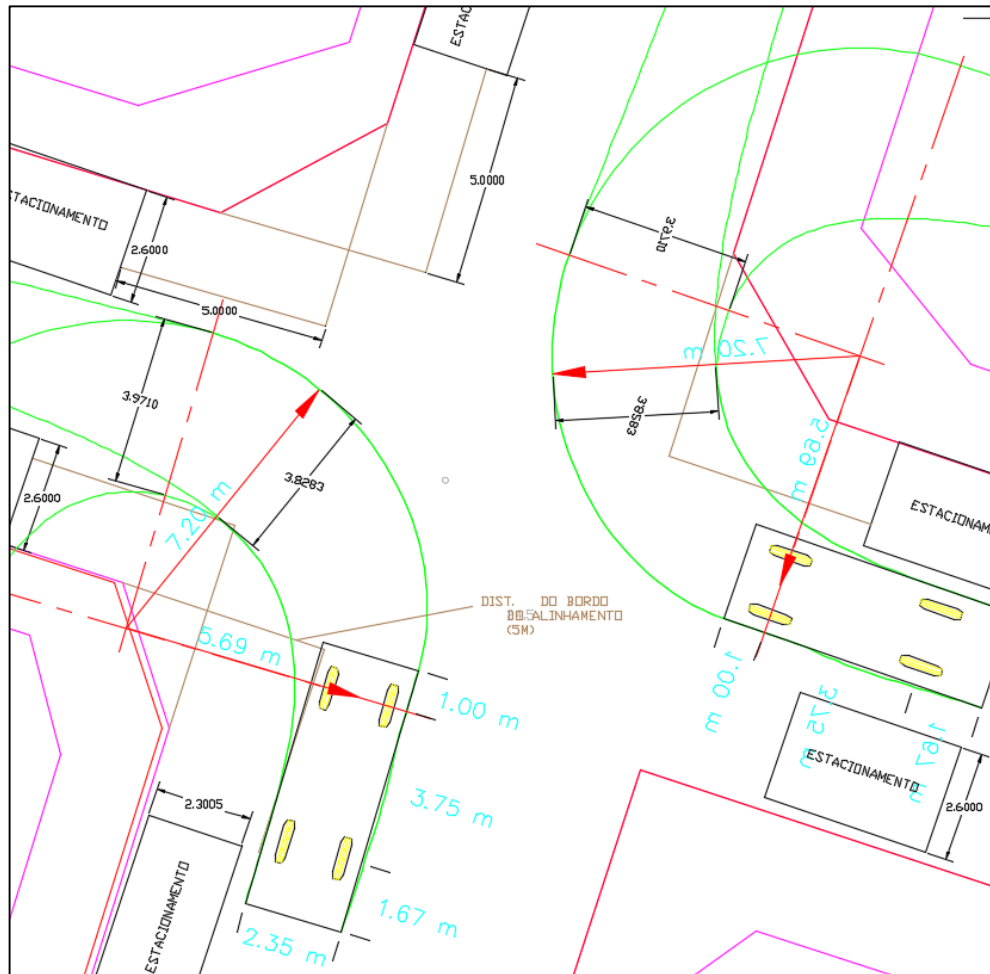
No Apêndice C, é possível encontrar o veículo de livre circulação em Recife com o maior valor de varredura a 90° e a 180°, que nesse caso é o Cargo 1723 da Ford, com distância entre eixos de 3,56m. Apesar de seu comprimento ser inferior a 6,5m, sua largura excede 2,2m, seu PBT é de 16t e sua lotação chega a 10,66t, não alcançando assim, os critérios para trafegar livremente nos outros municípios analisados.

4.4 Análise de compatibilidade dos veículos simulados para as condições geométricas existentes na cidade de Fortaleza

A análise ocorreu a partir da inserção das simulações de manobras nos 10 cruzamentos definidos dentro da região do estudo de caso, possibilitando assim, a investigação do comportamento dos veículos de carga e as possíveis interferências no sistema viário. Os veículos utilizados nas simulações foram os veículos críticos de cada uma das restrições, seguindo o método adotado no trabalho, e estão descritos no Quadro 7 do Capítulo 3, na página 36. A avaliação se deu pelos padrões de compatibilidade descritos no subitem 3.2 – Estudo de caso, nas páginas 37 e 38. Os ajustes necessários foram feitos para que as trajetórias dos veículos correspondessem ao máximo com as manobras reais e dentro da legislação de trânsito. É importante mencionar que nos cenários das simulações, não foi considerada a ocorrência de estacionamento proibido, mais especificamente, nas esquinas, prejudicando a operação e a segurança do trânsito quando existem.

Para efeito de discussão, as Figuras 25, 26 e 27 retratam os padrões de compatibilidade A, B e C, respectivamente, dentre os resultados das simulações realizadas.

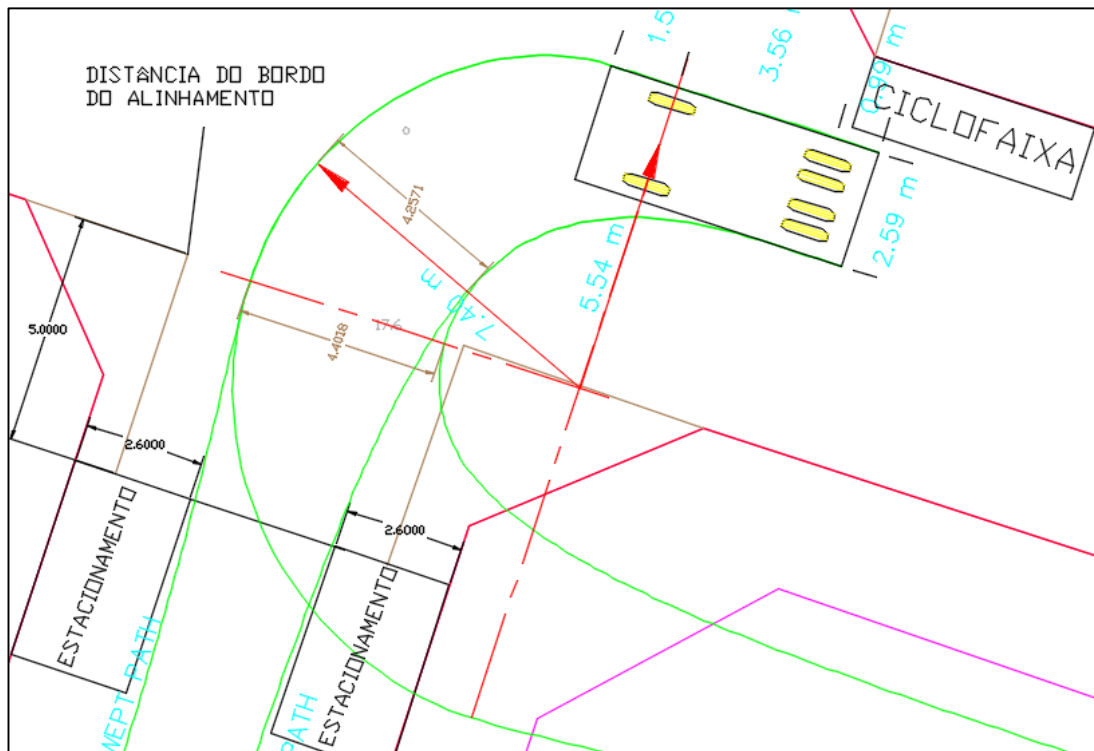
Figura 25 – Cruzamento n° 4 com veículo crítico de Fortaleza/Salvador – Padrão de compatibilidade A.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As manobras apresentadas na Figura 25 são classificadas como Padrão de compatibilidade A pois o veículo crítico, nas duas vias, ocupa apenas a faixa de tráfego destinada a sua circulação. Não há interferências nas faixas adjacentes ou a necessidade de uma manobra secundária para finalizar a conversão, e portanto, a mobilidade e a segurança na via não são prejudicadas.

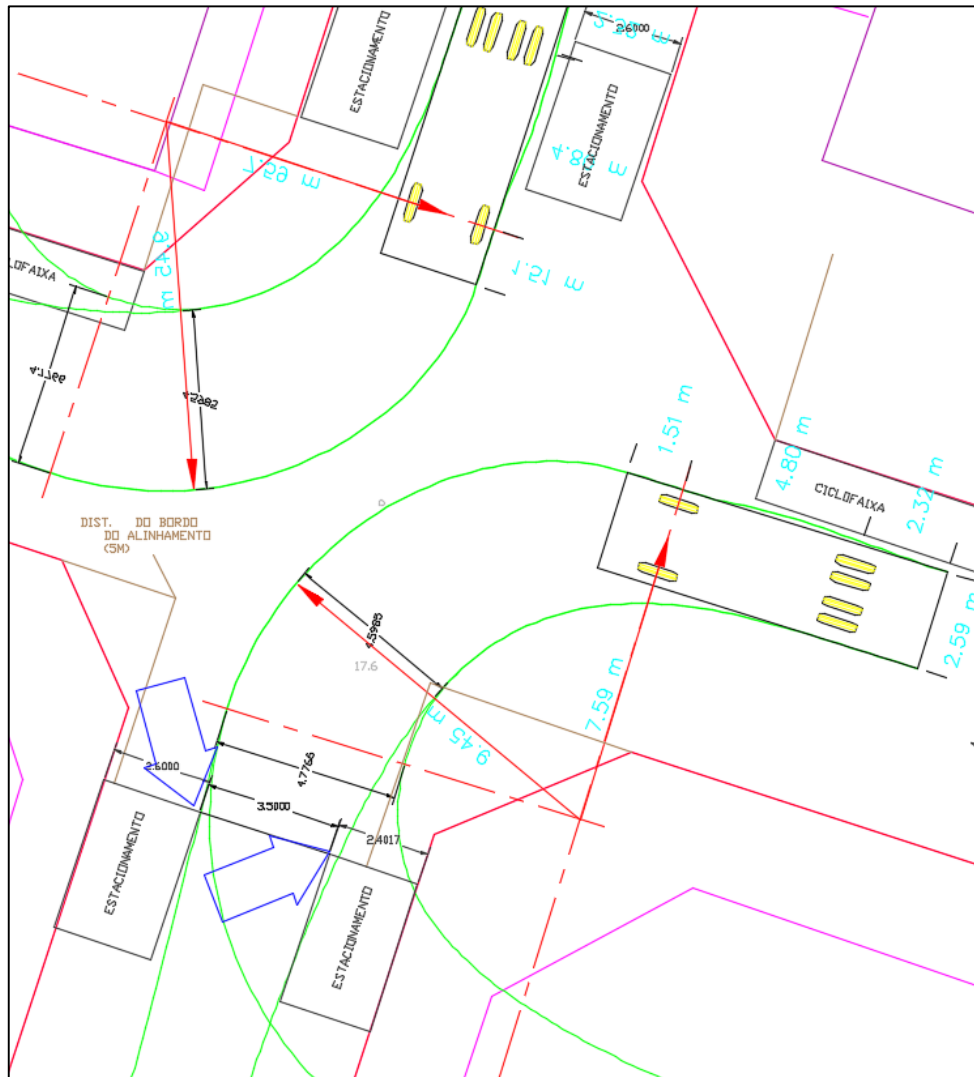
Figura 26 – Cruzamento n° 3 com veículo crítico de Recife – Padrão de compatibilidade B.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 26, o veículo crítico de Recife necessita ocupar a faixa da direita de uma das vias, para realizar a conversão à esquerda em uma manobra única, o que se configura uma situação de compatibilidade parcial. Nesses casos, o fluxo da via é prejudicado pela ocupação de duas faixas de tráfego, além de exigir maior cautela dos motoristas para evitar colisões laterais. Identifica-se, assim, impactos negativos sobre a fluidez e as condições de segurança da via. Por esses motivos, esse cenário se qualifica como Padrão de compatibilidade B.

Figura 27 – Cruzamento n° 3 com o veículo Cargo 1719/4.8 – Padrão de compatibilidade C.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 27 descreve uma situação com Padrão de compatibilidade C, uma vez que o veículo simulado, mesmo ocupando mais de uma faixa de tráfego, não consegue executar uma conversão à esquerda em uma manobra única, sem que exista a possibilidade de colisão com veículos estacionados na via transversal. As setas azuis na Figura 27, indicam os pontos nos quais a varredura do veículo invade as áreas onde o estacionamento é permitido. Se nos casos de compatibilidade parcial a mobilidade e segurança na via são impactadas, nas situações de incompatibilidade essas condições se agravam.

A síntese das avaliações nos 10 cruzamentos é demonstrada no Quadro 12. As restrições das cidades de Fortaleza, Salvador, Porto Alegre e Belo Horizonte, produziram o

mesmo veículo crítico, porém, por uma questão de semelhança nos critérios da legislação, agrupou-se em uma mesma coluna do Quadro 12 as cidades de Fortaleza e Salvador, e em outra coluna os resultados para Porto Alegre e Belo Horizonte.

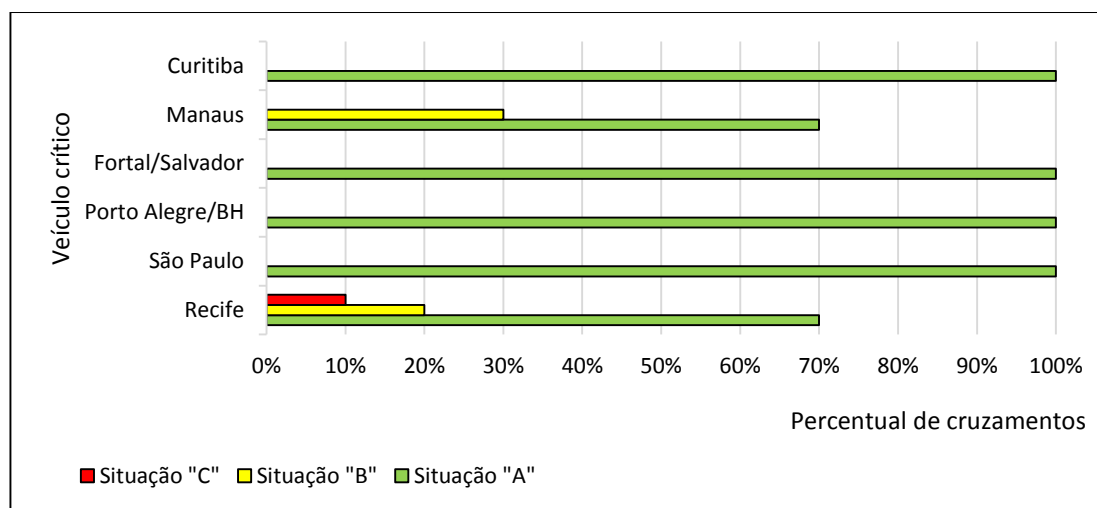
Quadro 12 – Padrões de compatibilidade nos 10 cruzamentos para cada veículo crítico das restrições analisadas.

Número	Cruzamento	Recife	São Paulo	Porto Alegre/Belo Horizonte	Fortaleza /Salvador	Manaus	Curitiba
1	Rua Ana Bilhar x Rua Osvaldo Cruz	A	A	A	A	A	A
2	Rua Canuto de Aguiar x Rua Osvaldo Cruz	B	A	A	A	B	A
3	Rua Barbosa de Freitas x Rua Ana Bilhar	B	A	A	A	B	A
4	Rua República do Líbano x Rua Leonardo Mota	A	A	A	A	A	A
5	Rua Barbosa de Freitas x Rua Pereira Valente	C	A	A	A	B	A
6	Rua Joaquim Nabuco x Avenida Desembargador Leite	A	A	A	A	A	A
7	Rua Eduardo Garcia x Avenida Desembargador Leite Albuquerque	A	A	A	A	A	A
8	Rua Barbosa de Freitas x Avenida Dom Luís	A	A	A	A	A	A
9	Rua Eduardo Garcia x Avenida Desembargador Moreira	A	A	A	A	A	A
10	Av. Santos Dumont x Avenida Senador Virgílio Távora	A	A	A	A	A	A

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 28 apresenta um gráfico resumindo a avaliação percentual dos veículos críticos de cada uma das restrições, permitindo assim, analisar a compatibilidade dos veículos representativos dessas restrições, na área do estudo de caso em Fortaleza.

Figura 28 – Padrões de compatibilidade verificados para cada veículo crítico simulado (em %).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Percebe-se pelo gráfico da Figura 28, que apenas os veículos críticos de Manaus e Recife não obtiveram compatibilidade plena nos 10 cruzamentos, resultado este que pode ser atribuído ao fato de essas duas restrições possuírem os veículos críticos com os maiores valores de varreduras. Além disso, o representante de Recife foi o único que apresentou incompatibilidade em uma das simulações (10%), e ainda incompatibilidade parcial em dois cruzamentos (20%). Esse baixo desempenho está associado ao pouco rigor da política de restrição de Recife, que observa apenas o comprimento total do veículo, permitindo assim veículos mais largos, de maior porte e com maiores valores de varreduras.

Como a geometria e a regulamentação da infraestrutura viária não é homogênea, variando o número de faixas de tráfego, a posição dos estacionamentos, inclusão de faixas exclusivas (ciclofaixas), os veículos críticos de Recife e Manaus se enquadraram no Padrão A de compatibilidade em alguns cruzamentos (07 cruzamentos para ambos). Isso ocorreu nos cruzamentos que ofereciam uma maior área para a execução das manobras, oriunda do desenho da via, do sentido de circulação (sentido duplo) ou da presença de faixas exclusivas.

As demais estratégias de restrição obtiveram compatibilidade plena (Padrão de compatibilidade A) em todos os cruzamentos, o que significa que o conjunto de veículos de carga com livre circulação para essas restrições, proporcionariam os menores impactos na região do estudo de caso. É válido ressaltar que o VUC de São Paulo mostrou-se mais eficiente no transporte de cargas, se for considerado o aspecto das maiores lotações com varreduras relativamente pequenas.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho se propôs a analisar as medidas de restrição à circulação de veículos de carga utilizados em cidades brasileiras, de forma a apoiar a identificação de veículos mais adequados às condições geométricas das vias urbanas. O aspecto relacionado à interação dos veículos de carga com a infraestrutura viária urbana por eles utilizada, é um fator decisivo na eficiência da legislação que regulamenta essa modalidade de transporte, conforme investigado. Como exemplos da relevância dessa questão, tem-se as medidas restritivas analisadas que reduziam a capacidade de transporte, sem minorar necessariamente os impactos causados pela ocupação viária dos veículos nas manobras.

A grande maioria das cidades investigadas, adotaram normas de regulamentação do tráfego urbano de mercadoria que se utilizam de parâmetros mensurais, porém não foram observados estudos técnicos que corroborem essas decisões. Devido à variabilidade de restrições entre essas cidades, entende-se que não há compartilhamento de informações entre as mesmas. Foi encontrado apenas para Belo Horizonte, publicações técnicas relacionadas a uma política de logística urbana que citava inclusive, experiências internacionais.

Entre os veículos utilizados no transporte de carga urbana no País, constatou-se uma heterogeneidade acentuada, com utilitários, semipesados e a crescente participação dos VUC. O conhecimento da ocupação viária exigida pelos 83 veículos analisados nesse trabalho, além de não requerer grande aparato técnico-científico, pode subsidiar estudos de compatibilidade geométrica, projetos de estacionamentos, áreas de carga e descarga, tendo assim, grande valor para o planejamento das cidades ou para qualquer instituição que atue com logística.

Diante dos resultados, o VUC vigente em São Paulo se apresentou como uma medida mais adequada do que as outras, devido o maior número de veículos aptos a circular livremente, com maiores capacidades de carga e com diferenças insignificantes na ocupação da malha viária. Essa constatação é útil não só para a tomada de decisão em outras cidades, mas para evidenciar a importância da escolha técnica e sistemática dos parâmetros das restrições, já que o acréscimo de 0,9m no comprimento no VUC de São Paulo não repercutiu negativamente na malha viária, mas aumentou a capacidade de carga. Corroborando a ideia do VUC como solução eficiente, as cidades de Fortaleza e Salvador, que regulamentaram VUC semelhantes, tiveram os melhores resultados após São Paulo.

A análise apenas das varreduras com a lotação dos veículos, pode servir de parâmetro de eficiência para o transporte urbano de cargas com ressalvas, pois a lotação pode ser ampliada sem que necessariamente o veículo tenha passado por um processo evolutivo de sua tecnologia, de modo a manter a mesma ocupação viária. Com a fixação do PBT, o acréscimo na lotação ocorrerá através da redução do porte da carroceria, incentivando o uso de veículos mais modernos e compactos.

No estudo de caso para a infraestrutura de Fortaleza, que recebeu os veículos críticos para cada categoria restrição, verificou-se que todas as configurações de VUC obtiveram uma situação de plena compatibilidade nos cruzamentos estudados, valorizando essa modalidade de restrição. Os veículos críticos que apresentaram problemas de compatibilidade geométrica foram justamente aqueles com as maiores varreduras, no caso, o de Recife, com varreduras de 4,26m e 4,40m, e de Manaus com 4,01m e 4,17m.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Visando aprofundar o conhecimento dos aspectos relacionados à geometria viária urbana e a interação com os veículos de carga, sugere-se discutir a legislação que regulamenta as políticas de gestão de vias urbanas no universo da movimentação de carga, considerando as inter-relações existentes entre as características da rede viária, do uso do solo e da operação de veículos de carga.

Aproveitando o banco de dados dos veículos de carga, pode-se estudar ainda, a interação desses veículos com o gabarito vertical dos centros urbanos, buscando levantar dados dos equipamentos e da legislação relacionada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. 5 ed. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials; 2004. 896p. ISBN: 1-56051-2013263-2013-6.
- ALVES, F. M. **Análise da geração de notas fiscais por bairro a partir de dados da RAIS e da SEFAZ**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- ANTAS, P. M. *et. al.* **Estradas: projeto geométrico e de terraplenagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 282p.
- AUSTROADS. **Rural Road Design: a guide to the geometric design of rural roads**. 6ª Edição. Sydney: Association of Australian and New Zealand Road Transport and Traffic Authorities; 2002.126p.
- BENJELLOUN, A.; CRAINIC, T. G. **Trends, challenges, and perspectives in city logistics**. Buletinul AGIR, n. 4, p. 45-51, 2009.
- BESTUFS. **Best Urban Freight Solutions**. Holanda, 2018. Disponível em: <<http://www.bestufs.net/>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- BHTRANS. **Política de Logística Urbana de Belo Horizonte**. BHTRANS. 2ª edição. 2017. 112 p.
- BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 210, de 2006. **Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências**. [S.I.]. 2006.
- BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Anuário Estatístico de Transportes 2010-2016**. Brasília, 2017. 57 p.
- BROWN, L. R. **Eco-economia: construindo uma economia para a terra**. ISBN 85-87616-08-0. Earth Policy Institute, Publicado no Brasil pela Universidade Livre da Mata Atlântica (UMA), Primeira Edição, 368 p., 23,5cm. Salvador-BA, 2003.
- CARGA PESADA. **Mercado de caminhões fecha 2017 com 3,5% de crescimento**. [s.l.]. Revista Carga Pesada. 2018. Disponível em:<<https://cargapesada.com.br/2018/01/05/mercado-de-caminhoes-surpreende-e-fecha-2017-com-35-de-crescimento/>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

CET. **Caminhões**. Companhia de Engenharia de Tráfego. São Paulo, SP. 2016. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/caminhoes.aspx>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

CORREIA, V. A. **Análise econômica e ambiental da implantação de um esquema de centro de distribuição urbano para Belo Horizonte**. UFMG. Belo Horizonte, 2011.

CORREIO BRAZILIENSE. **DER proíbe tráfego de veículos de carga na descida do Colorado**. [s.l.]. 2014. Disponível em:<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/03/20/interna_cidadesdf,418568/der-proibe-trafego-de-veiculos-de-carga-na-descida-do-colorado.shtml>. Acesso em: 01 jul. 2018.

CURITIBA. **Portaria altera limite de peso de veículos de carga em circulação na Linha Verde**. Prefeitura Municipal de Curitiba. PR. 2016. Disponível em:<<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/portaria-altera-limite-de-peso-de-veiculos-de-carga-em-circulacao-na-linha-verde/40167>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

DABLANC, L. **Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize**. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 41, n.3, p. 280-285, 2007.

DNIT. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, RJ, 2010. 392p. (IPR, Publ., 740).

DUTRA, N. G. S. **O Enfoque de “City Logistics” na Distribuição Urbana de Encomendas**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção-UFSC, Florianópolis-SC, 2004.

DUTRA, N. G. S.; NOVAES, A. G.; MOREIRA, M. E. P. Novos conceitos e tecnologias na distribuição urbana de mercadorias. In: ENEGEP XXVI, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2006. s/ p.

ESTADÃO. **Os 10 caminhões mais vendidos em 2017**. [s.l.]. Estradão. 2018. Disponível em:<<https://estradao.estadao.com.br/caminhoes/os-10-caminhoes-mais-vendidos-em-2017/>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

FORTALEZA. **Portaria nº 83/2015, de 29 de junho de 2015**. Prefeitura Municipal de Fortaleza - Regulamenta a circulação de caminhões, com ou sem carga, nos corredores e áreas com restrição de circulação nas vias urbanas do Município de Fortaleza-CE. 2015.

IBGE. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017**. [s.l.], 116p. 2017. Disponível em:<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 04 jul. 2018.

GOOGLE MAPS. **Zona leste de Fortaleza, Ceará.** [s.l.]. 2018a. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-3.7358645,-38.512905,14z>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

GOOGLE MAPS. **Região da Praça Portugal, entre os bairros Meireles e Aldeota, em Fortaleza, Ceará.** [s.l.]. 2018b. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-3.7356821,-38.4993721,15z>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

IPEA. **Um exame dos padrões de crescimento das cidades brasileiras.** Texto para discussão nº 1155. Brasília, 2006. 39 p.

LINDHOLM, M.; BEHREND, S. **Challenges in urban freight transport planning – a review in the Baltic Sea Region.** Journal of Transport Geography, v. 22, p. 129-136, 2012.

MERCEDES-BENZ. **Catálogo Accelo 815 4x2 Plataforma.** Modelos 815/31, 815/37 e 815/44. [s.l.], 2p. 2015.

O POVO. **Começa restrição a veículos de carga no trânsito de Fortaleza.** Fortaleza, CE. 2016. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2015/11/21/noticiasjornalcotidiano,3537576/comeca-restricao-a-veiculos-de-carga-no-transito-de-fortaleza.shtml>>. Acesso em: 01 jul. de 2016.

OLIVEIRA, L. K. **Modelagem para avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de distribuição de pequenas encomendas dentro dos conceitos de city logistics.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção-UFSC, Florianópolis SC, 2007.

OLIVEIRA, L.K.; DUTRA, N.G.S., PEREIRA NETO, W. A. Distribuição Urbana de Mercadorias. In: PRATA, B.A., OLIVEIRA, L.K.; DUTRA, N.G.S., PEREIRA NETO, W. A. (orgs.). **Logística urbana: fundamentos e aplicações.** Curitiba: Editora CRV, 2012. p. 9-34.

PIMENTA, C. R. T.; OLIVEIRA, M. P. **Projeto geométrico de rodovias.** 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2004. 198 p.

QUISPEL, M **Active partnerships: the key to sustainable urban freight transport.** In.: ECOMM 2002 - European Conference on Mobility Management, Gent.

RIO DE JANEIRO. **Decreto n.º 42.272 de 20 de setembro de 2016**. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro - Dispõe sobre horário de circulação de veículos de carga e operação de carga e descarga na forma que menciona e dá outras providências. 2016.

RIO DE JANEIRO. **Decreto n.º 44.598 de 28 de maio de 2018**. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro – Suspende, temporariamente, os efeitos dos Decretos n.ºs 42.272, de 20 de setembro de 2016, que dispõe sobre horário de circulação de veículos de carga e operação de carga e descarga na forma que menciona, e dá outras providência, e 43.970 de 17 de novembro de 2017, que altera o Decreto 42.272, de 20 de setembro de 2016. 2018.

SANCHES JÚNIOR, P. F. **Logística de Carga Urbana: uma análise da realidade brasileira**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil -UNICAMP, Campinas – SP, 2008. 239p.

SÃO PAULO. **Decreto nº 56.920, de 8 de abril de 2016**. Prefeitura Municipal de São Paulo - Estabelece conceitos e normas para o trânsito de caminhões e no Município de São Paulo. 2016a.

SÃO PAULO. **Portaria nº 31/2016**. Prefeitura Municipal de São Paulo – Regulamenta as áreas e vias com restrição ao trânsito de caminhões e fixa os procedimentos referentes ao cadastro das Autorizações Especiais de Trânsito para Caminhões – AETC. 2016b.

STATHOPOULOS, A.; VALERI, E.; MARCUCCI, E. **Stakeholder reactions to urban freight policy innovation**. 2012, *Journal of Transport Geography*, v. 22, p 34-45.
TAC. **Geometric Design Guide for Canadian Roads**. Ottawa: Transportation Association of Canada; 1999. ISBN: 1-201355187-2013131-20139.

TAC. **Geometric Design Guide for Canadian Roads**. Ottawa: Transportation Association of Canada; 1999. ISBN: 1-201355187-2013131-20139.

TRANSOFT SOLUTIONS **Autoturn User's Manual**. Versão 6.0, Richmond, B.C., USA. 2008.

**APÊNDICE A – RELAÇÃO DOS VEÍCULOS PESQUISADOS E ALGUMAS DE
SUAS CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS**

<i>n</i> •	Fabricante	Modelo	Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Lotação (t)	PBT (t)	comprimento (m)	largura (m)	altura (m)	Distância entre eixo (m)	Tração
01	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	3.68	3.83	5.00	8.30	6.13	2.18	2.48	3.1	4x2
02	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	3.86	4.03	4.94	8.30	7.13	2.18	2.48	3.7	4x2
03	Mercedes-Benz	Accelo 815/44	4.07	4.27	4.87	8.30	7.96	2.18	2.48	4.4	4x2
04	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	3.63	3.76	6.28	9.60	6.13	2.18	2.49	3.1	4x2
05	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	3.83	3.98	6.19	9.60	7.13	2.18	2.49	3.7	4x2
06	Mercedes-Benz	Accelo 1016/44	4.19	4.43	6.13	9.60	7.96	2.18	2.49	4.4	4x2
07	Mercedes-Benz	Atego 1419/36	4.09	4.23	9.71	14.30	6.12	2.49	3.14	3.56	4x2
08	Mercedes-Benz	Atego 1419/48	4.42	4.58	9.59	14.30	8.72	2.49	3.14	4.76	4x2
09	Mercedes-Benz	Atego 1419/54	4.59	4.78	9.59	14.30	8.72	2.49	3.14	5.36	4x2
10	Mercedes-Benz	Atego 1719/36	4.09	4.22	11.25	16.00	6.12	2.49	3.18	3.56	4x2
11	Mercedes-Benz	Atego 1719/42	4.26	4.41	11.13	16.00	7.72	2.49	3.18	4.16	4x2
12	Mercedes-Benz	Atego 1719/48	4.48	4.65	11.13	16.00	8.72	2.49	3.18	4.86	4x2
13	Mercedes-Benz	Atego 1719/54	4.60	4.78	11.13	16.00	8.72	2.49	3.18	5.36	4x2
14	Mercedes-Benz	Atego 1726/36	4.09	4.23	10.88	16.00	6.12	2.49	3.18	3.56	4x2
15	Mercedes-Benz	Atego 1726/42	4.26	4.41	10.69	16.00	7.72	2.49	3.18	4.16	4x2
16	Mercedes-Benz	Atego 1726/48	4.42	4.58	10.69	16.00	8.72	2.49	3.18	4.76	4x2
17	Mercedes-Benz	Atego 1726/54	4.60	4.78	10.69	16.00	8.72	2.49	3.18	5.36	4x2
18	Mercedes-Benz	Atego 2426/36	4.25	4.39	17.00	23.00	7.48	2.49	2.77	3.55+ 1.25	6x2
19	Mercedes-Benz	Atego 2426/48	4.60	4.78	16.73	23.00	9.84	2.49	2.77	4.775 +1.25	6x2
20	Mercedes-Benz	Atego 2426/54	4.78	4.97	16.57	23.00	9.84	2.49	2.77	5.388 +1.25	6x2

<i>n</i> •	Fabricante	Modelo	Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Lotação (t)	PBT (t)	comprimento (m)	largura (m)	altura (m)	Distância entre eixo (m)	Tração
21	Mercedes-Benz	Atron 1319/51	4.53	4.74	8.90	13.90	8.66	2.49	2.76	5.17	4x2
22	Mercedes-Benz	Atron 2324/51	4.68	4.89	15.35	22.00	10.3 4	2.43	2.74	5.17+ 1.36	6x2
23	Mercedes-Benz	Atron 1719/36	4.12	4.27	11.14	16.00	6.22	2.49	2.69	3.6	4x2
24	Mercedes-Benz	Atron 1719/48	4.48	4.67	10.92	16.00	8.65	2.49	2.69	4.83	4x2
25	Mercedes-Benz	Axor 3341 K	4.32	4.47	13.07	23.00	6.81	2.58	3.17	3.300 +1.35 0	6x4
26	Mercedes-Benz	Axor 3341/48 P	4.79	4.93	12.41	23.00	10.2 9	2.58	3.18	4.800 +1.35	6x4
27	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	3.85	3.89	12.54	23.00	6.84	2.58	3.25	3.300 +1.35	6x4
28	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	3.38	3.52	1.34	3.50	5.25	1.99	2.43	3.25	2x2
29	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	3.49	3.65	1.27	3.50	5.91	1.99	2.43	3.665	2x2
30	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	3.69	3.87	1.11	3.50	6.95	1.99	2.72	4.325	2x2
31	Ford	CARGO 816	3.69	3.82	5.11	8.25	6.14	2.20	2.94	3.3	4x2
32	Ford	CARGO 816	3.84	3.98	5.08	8.25	7.01	2.20	2.94	3.9	4x2
33	Ford	CARGO 816	3.89	4.01	5.06	8.25	7.41	2.20	2.94	4.3	4x2
34	Ford	Cargo1119	3.88	4.02	7.16	10.51	7.01	2.24	2.53	3.9	4x2
35	Ford	Cargo1119	3.92	4.05	7.15	10.51	7.41	2.24	2.53	4.3	4x2
36	Ford	CARGO 1319	4.68	4.82	7.93	13.00	8.63	2.59	2.85	4.8	4x2
37	Ford	CARGO 1519	4.63	4.82	9.73	15.00	8.63	2.59	2.85	4.8	4x2
38	Ford	CARGO 1719	4.60	4.78	10.59	16.00	8.63	2.59	2.90	4.8	4x2
39	Ford	CARGO 1719	3.95	4.01	10.66	16.00	6.06	2.59	2.83	3.56	4x2
40	Ford	CARGO 1419	4.63	4.82	9.34	14.50	8.61	2.59	2.85	4.8	4x2
41	Ford	CARGO 1723	4.26	4.40	10.61	16.00	6.06	2.59	2.40	3.56	4x2
42	Ford	CARGO 1723	4.50	4.67	10.38	16.00	8.02	2.59	2.40	4.34	4x2
43	Ford	CARGO 1723	4.59	4.77	10.36	16.00	8.63	2.59	2.40	4.8	4x2
44	Ford	F-350	3.33	3.42	2.13	4.50	5.73	2.02	1.89	3.581	4x2
45	Hyundai	HD 65	3.35	3.44	4.20	6.50	5.97	2.00	2.25	3.375	4x2
46	Hyundai	HR	2.96	3.08	1.80	3.40	4.85	1.74	1.97	2.43	4x2
47	Hyundai	HD 78	3.54	3.68	5.60	7.80	6.52	2.00	2.27	3.735	4x2
48	Volkswagen	Constellation 13190/48	4.50	4.67	8.40	13.20	8.60	2.51	2.81	4.8	4x2
49	Volkswagen	Constellation 13190/52	4.70	4.92	8.34	13.20	9.13	2.51	2.81	5.207	4x2
50	Volkswagen	Delivery 8160/29	3.35	3.45	5.15	8.15	5.38	2.05	2.41	2.85	4x2
51	Volkswagen	Delivery 8160/33	3.53	3.66	5.10	8.15	6.43	2.05	2.41	3.3	4x2

<i>n</i> •	Fabricante	Modelo	Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Lotação (t)	PBT (t)	comprimento (m)	largura (m)	altura (m)	Distância entre eixo (m)	Tração
52	Volkswagen	Delivery 8160/39	3.68	3.82	5.04	8.15	6.43	2.05	2.41	3.9	4x2
53	Volkswagen	Delivery 8160/43	3.79	3.94	4.95	8.15	7.68	2.05	2.41	4.3	4x2
54	Volkswagen	Delivery 5150/32	3.60	3.77	2.83	5.50	5.47	2.05	2.43	3.175	4x2
55	Volkswagen	Delivery 5150/39	3.73	3.89	2.81	5.50	6.43	2.05	2.43	3.9	4x2
56	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	3.62	3.79	9.15	13.00	6.36	2.05	2.41	2.85+ 0.487 5	6x2
57	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	3.53	3.66	6.47	9.70	6.43	2.05	2.41	3.3	4x2
58	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	3.68	3.82	6.46	9.70	6.43	2.05	2.41	3.9	4x2
59	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	3.79	3.94	6.36	9.70	7.68	2.05	2.41	4.3	4x2
60	IVECO	Daily 35S14/3.45	3.41	3.53	1.53	3.50	5.80	2.03	2.28	3.45	4x2
61	IVECO	Daily 35S14/3.75	3.51	3.65	1.51	3.50	6.40	2.03	2.28	3.75	4x2
62	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.41	3.53	3.17	5.30	5.80	2.03	2.28	3.45	4x2
63	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.51	3.65	3.15	5.30	6.41	2.03	2.28	3.75	4x2
64	IVECO	Daily 70C17/3.75	3.83	3.97	4.52	7.00	6.41	2.06	2.35	3.75	4x2
65	IVECO	Daily 70C17/4.35	4.01	4.17	4.38	7.00	7.24	2.06	2.35	4.35	4x2
66	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	3.52	3.63	5.98	9.30	6.19	2.09	2.40	3.33	4x2
67	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	3.63	3.76	5.96	9.30	6.73	2.09	2.40	3.69	4x2
68	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	3.87	4.04	5.92	9.30	7.88	2.09	2.40	4.455	4x2
69	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	3.92	4.08	8.82	13.30	7.52	2.20	2.54	4.185	4x2
70	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.815	4.12	4.30	8.77	13.30	8.47	2.20	2.54	4.815	4x2
71	IVECO	Vertis 130 Cab Est/5.175	4.24	4.43	8.73	13.30	9.01	2.20	2.54	5.175	4x2
72	IVECO	Tector 150/3.6	4.09	4.22	10.05	15.00	6.27	2.50	3.02	3.61	4x2
73	IVECO	Tector 150/4.1	4.23	4.38	9.96	15.00	7.44	2.50	3.02	4.1	4x2
74	IVECO	Tector 150/4.734	4.43	4.61	9.90	15.00	8.39	2.50	3.02	4.734	4x2
75	IVECO	Tector 150/5.094	4.49	4.67	9.81	15.00	9.00	2.50	3.02	5.094	4x2
76	IVECO	Tector 170 E28/3.7	4.11	4.25	10.77	16.00	6.30	2.50	3.44	3.69	4x2
77	IVECO	Tector 170 E28/4.2	4.26	4.42	10.63	16.00	7.60	2.50	3.44	4.185	4x2
78	IVECO	Tector 170 E28/4.8	4.12	9.31	10.43	16.00	8.57	2.50	3.44	4.815	4x2

<i>n</i> •	Fabricante	Modelo	Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Lotação (t)	PBT (t)	comprimento (m)	largura (m)	altura (m)	Distância entre eixo (m)	Tração
79	IVECO	Tector 170 E28/5.175	4.68	4.93	10.61	16.00	8.77	2.50	3.44	5.175	4x2
80	IVECO	Tector 170 E28/5.67	4.76	4.99	10.58	16.00	9.38	2.20	3.44	5.67	4x2
81	IVECO	Tector 170 E21/3.7	4.13	4.27	10.81	16.00	6.19	2.50	2.76	3.69	4x2
82	IVECO	Tector 170 E21/4.2	4.28	4.45	10.74	16.00	7.49	2.50	2.76	4.185	4x2
83	IVECO	Tector 170 E21/4.8	4.48	4.67	10.61	16.00	8.46	2.50	2.76	4.815	4x2

**APÊNDICE B – DADOS DESAGREGADOS DE CADA CRUZAMENTO
PESQUISADO**

1) Avenida Desembargador Moreira x Rua Maria Tomásia:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	48	24	14	10
TARDE	29	13	10	6
2) Avenida Desembargador Moreira x Rua Pereira Valente:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	47	28	16	3
TARDE	28	8	12	8
3) Avenida Desembargador Moreira x Rua Torres Câmara:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	74	48	22	4
TARDE	53	33	16	4
4) Avenida Dom Luís x Rua Barbosa de Freitas:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	107	76	30	1
TARDE	22	21	1	0
5) Avenida Dom Luís x Rua Coronel Jucá:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	34	21	13	0
TARDE	23	15	8	0

6) Avenida Dom Luís x Tibúrcio Cavalcante:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	30	19	10	1
TARDE	24	14	8	2
7) Avenida Dom Luís x Rua Vicente Leite:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	35	21	14	0
TARDE	27	19	8	0
8) Rua Leonardo Mota x Rua Pereira Valente				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	23	3	18	2
TARDE	11	5	6	0
9) Rua Leonardo Mota x Avenida Santos Dumont:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	23	3	18	2
TARDE	11	5	6	0
10) Rua Leonardo Mota x Rua Torres Câmara:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	24	13	10	1
TARDE	11	10	1	0
11) Rua Monsenhor Catão x Avenida Santos Dumont:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	28	11	15	2
TARDE	20	12	5	3

12) Rua Osvaldo Cruz x Avenida Dom Luís:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	24	19	3	2
TARDE	24	15	9	0
13) Avenida Santos Dumont x Rua Barbosa de Freitas:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	33	19	13	1
TARDE	20	17	3	0
14) Avenida Santos Dumont x Rua Osvaldo Cruz:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	33	14	13	6
TARDE	25	13	9	3
15) Avenida Santos Dumont x Rua Tibúrcio Cavalcante:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	26	22	2	2
TARDE	25	21	4	0
16) Rua Torres Câmara x Rua Joaquim Nabuco:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	28	11	14	3
TARDE	16	8	6	2
17) Rua Vicente Leite x Rua Maria Tomásia:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	17	12	4	1
TARDE	8	6	2	0

18) Avenida Senador Virgílio Távora x Rua Canuto de Aguiar:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	47	28	12	7
TARDE	41	25	15	1
19) Avenida Senador Virgílio Távora x Avenida Dom Luís:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	48	22	24	2
TARDE	37	17	13	7
20) Avenida Senador Virgílio Távora x Rua Eduardo Garcia:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	29	10	16	3
TARDE	33	20	12	1
21) Avenida Virgílio Távora x Avenida Santos Dumont:				
PERÍODO	VOLUME TOTAL	VUC	CAMINHÃO MÉDIO	CAMINHÃO PESADO
MANHÃ	157	67	73	17
TARDE	89	52	31	6

APÊNDICE C - VEÍCULOS APTOS A CIRCULAR POR CIDADE PESQUISADA

Para cada política de restrição adotada nas cidades pesquisadas, analisou-se a condição dos 83 veículos de carga listados nesse trabalho, permitindo assim, construir uma base de dados com as informações dos veículos com livre circulação, e também daqueles com algum tipo de impedimento. O ordenamento dos veículos de carga foi estabelecido na sequência decrescente do valor da varredura a 90°.

Nas listas, os veículos de carga com circulação liberada estão identificados pelo fundo colorido. Já o veículo crítico, que é aquele com maior ocupação na via, mas sem ultrapassar os critérios da restrição analisada, está indicado e realçado com os dados em negrito. Também estão presentes os veículos que sofrem alguma restrição por parte da legislação, porém, para evitar o excesso de informações, limitou-se a 10 o número de veículos com restrições, após o veículo crítico.

1) BELO HORIZONTE										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	4.38	7.24	7.00	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	10.59	8.63	16.00	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	8.82	7.52	13.30	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	7.15	7.41	10.51	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	5.06	7.41	8.25	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.16	7.01	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	5.92	7.88	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	4.94	7.13	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	12.54	6.84	23.00	2.58	3.25	3.300+ 1.350	11.62

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	5.08	7.01	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
VEÍCULO CRÍTICO:										
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	4.52	6.41	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	6.19	7.13	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	4.95	7.68	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	6.36	7.68	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	2.81	6.43	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	1.11	6.95	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	5.11	6.14	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	5.04	6.43	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.46	6.43	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	5.00	6.13	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.28	6.13	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	5.96	6.73	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	9.15	6.36	13.00	2.05	2.41	2.85+0.4875	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	2.83	5.47	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	5.60	6.52	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.47	6.43	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	5.10	6.43	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	5.98	6.19	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	1.51	6.40	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.15	6.41	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	1.27	5.91	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.17	5.80	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	1.53	5.80	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	1.34	5.25	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.15	5.38	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	4.20	5.97	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	2.13	5.73	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	1.80	4.85	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94

2) CURITIBA										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.16	7.01	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	5.92	7.88	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	4.94	7.13	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	12.54	6.84	23.00	2.58	3.25	3.3 +1.35	11.62
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	5.08	7.01	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	4.52	6.41	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	6.19	7.13	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	4.95	7.68	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	6.36	7.68	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	2.81	6.43	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
VEÍCULO CRÍTICO										
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	1.11	6.95	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	5.11	6.14	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	5.04	6.43	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.46	6.43	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	5.00	6.13	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.28	6.13	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	5.96	6.73	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	9.15	6.36	13.00	2.05	2.41	2.85+0.4875	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	2.83	5.47	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	5.60	6.52	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.47	6.43	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	5.10	6.43	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	5.98	6.19	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	1.51	6.40	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.15	6.41	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	1.27	5.91	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.17	5.80	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	1.53	5.80	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	1.34	5.25	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.15	5.38	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	4.20	5.97	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	2.13	5.73	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	1.80	4.85	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94

3) MANAUS										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
4.13	4.27	IVECO	Tector 170 E21/3.7	6.19	10.81	16.00	2.50	2.76	3.69	6.73
4.12	9.31	IVECO	Tector 170 E28/4.8	8.57	10.43	16.00	2.50	3.44	4.82	8.52
4.12	4.30	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.815	8.47	8.77	13.30	2.20	2.54	4.82	9.16
4.12	4.27	Mercedes-Benz	Atron 1719/36	6.22	11.14	16.00	2.49	2.69	3.60	7.24
4.11	4.25	IVECO	Tector 170 E28/3.7	6.30	10.77	16.00	2.50	3.44	3.69	6.86
4.09	4.23	Mercedes-Benz	Atego 1419/36	6.12	9.71	14.30	2.49	3.14	3.56	7.50
4.09	4.22	Mercedes-Benz	Atego 1719/36	6.12	11.25	16.00	2.49	3.18	3.56	7.50
4.09	4.23	Mercedes-Benz	Atego 1726/36	6.12	10.88	16.00	2.49	3.18	3.56	7.50
4.09	4.22	IVECO	Tector 150/3.6	6.27	10.05	15.00	2.50	3.02	3.61	6.74
4.07	4.27	Mercedes-Benz	Accelo 815/44	7.96	4.87	8.30	2.18	2.48	4.40	8.04
VEÍCULO CRÍTICO										
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	7.24	4.38	7.00	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	8.63	10.59	16.00	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	7.52	8.82	13.30	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	7.41	7.15	10.51	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	7.41	5.06	8.25	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.01	7.16	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	7.88	5.92	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	7.13	4.94	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	6.84	12.54	23.00	2.58	3.25	3.30+ 1.350	11.62
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	7.01	5.08	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	6.41	4.52	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	7.13	6.19	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	7.68	4.95	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	7.68	6.36	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	6.43	2.81	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	6.95	1.11	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	6.14	5.11	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	6.43	5.04	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.43	6.46	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	6.13	5.00	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.13	6.28	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	6.73	5.96	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	6.36	9.15	13.00	2.05	2.41	2.85+ 0.4875	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	5.47	2.83	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	6.52	5.60	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.43	6.47	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	6.43	5.10	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	6.19	5.98	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo (m)
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	6.40	1.51	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	6.41	3.15	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	5.91	1.27	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	5.80	3.17	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	5.80	1.53	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	5.25	1.34	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.38	5.15	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	5.97	4.20	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	5.73	2.13	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	4.85	1.80	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94

4) PORTO ALEGRE

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo(m)
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	7.00	7.24	4.38	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	16.00	8.63	10.59	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	13.30	7.52	8.82	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	10.51	7.41	7.15	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	8.25	7.41	5.06	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	10.51	7.01	7.16	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	9.30	7.88	5.92	2.09	2.40	4.46	8.48
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	8.30	7.13	4.94	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	23.00	6.84	12.54	2.58	3.25	3.300+ 1.350	11.62
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	8.25	7.01	5.08	2.20	2.94	3.90	7.80

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo(m)
VEÍCULO CRITICO										
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	7.00	6.41	4.52	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	9.60	7.13	6.19	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	8.15	7.68	4.95	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	9.70	7.68	6.36	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	5.50	6.43	2.81	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	3.50	6.95	1.11	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	8.25	6.14	5.11	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	8.15	6.43	5.04	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	9.70	6.43	6.46	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	8.30	6.13	5.00	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	9.60	6.13	6.28	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	9.30	6.73	5.96	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	13.00	6.36	9.15	2.05	2.41	2.85+ 0.4875	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	5.50	5.47	2.83	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	7.80	6.52	5.60	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	9.70	6.43	6.47	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	8.15	6.43	5.10	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	9.30	6.19	5.98	2.09	2.40	3.33	6.89
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	3.50	6.40	1.51	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	5.30	6.41	3.15	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	3.50	5.91	1.27	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	5.30	5.80	3.17	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	3.50	5.80	1.53	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	3.50	5.25	1.34	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	8.15	5.38	5.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	6.50	5.97	4.20	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	4.50	5.73	2.13	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	3.40	4.85	1.80	1.74	1.97	2.43	4.94

5) RECIFE										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo
4.48	4.67	IVECO	Tector 170 E21/4.8	10.61	8.46	16.00	2.50	2.76	4.82	8.35
4.48	4.65	Mercedes-Benz	Atego 1719/48	11.13	8.72	16.00	2.49	3.18	4.86	9.50
4.43	4.61	IVECO	Tector 150/4.734	9.90	8.39	15.00	2.50	3.02	4.73	8.36
4.42	4.58	Mercedes-Benz	Atego 1419/48	9.59	8.72	14.30	2.49	3.14	4.76	9.51
4.42	4.58	Mercedes-Benz	Atego 1726/48	10.69	8.72	16.00	2.49	3.18	4.76	9.51
4.32	4.47	Mercedes-Benz	Axor 3341 K	13.07	6.81	23.00	2.58	3.17	3.300 +1.350	8.05
4.28	4.45	IVECO	Tector 170 E21/4.2	10.74	7.49	16.00	2.50	2.76	4.19	7.44
4.26	4.42	IVECO	Tector 170 E28/4.2	10.63	7.60	16.00	2.50	3.44	4.19	7.57
4.26	4.41	Mercedes-Benz	Atego 1726/42	10.69	7.72	16.00	2.49	3.18	4.16	8.50
4.26	4.41	Mercedes-Benz	Atego 1719/42	11.13	7.72	16.00	2.49	3.18	4.16	8.50
VEÍCULO CRÍTICO										
4.26	4.40	Ford	CARGO 1723	10.61	6.06	16.00	2.09	2.40	3.56	7.40
4.25	4.39	Mercedes-Benz	Atego 2426/36	17.00	7.48	23.00	2.49	2.77	3.55 +1.25	8.60
4.24	4.43	IVECO	Vertis 130 Cab Est/5.175	8.73	9.01	13.30	2.20	2.54	5.18	9.64
4.23	4.38	IVECO	Tector 150/4.1	9.96	7.44	15.00	2.50	3.02	4.10	7.48
4.19	4.43	Mercedes-Benz	Accelo 1016/44	6.13	7.96	9.60	2.18	2.49	4.40	8.30
4.13	4.27	IVECO	Tector 170 E21/3.7	10.81	6.19	16.00	2.50	2.76	3.69	6.73
4.12	9.31	IVECO	Tector 170 E28/4.8	10.43	8.57	16.00	2.50	3.44	4.82	8.52
4.12	4.30	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.81	8.77	8.47	13.30	2.20	2.54	4.2	9.16
4.12	4.27	Mercedes-Benz	Atron 1719/36	11.14	6.22	16.00	2.49	2.69	3.60	7.24
4.11	4.25	IVECO	Tector 170 E28/3.7	10.77	6.30	16.00	2.50	3.44	3.69	6.86
4.09	4.23	Mercedes-Benz	Atego 1419/36	9.71	6.12	14.30	2.49	3.14	3.56	7.50
4.09	4.22	Mercedes-Benz	Atego 1719/36	11.25	6.12	16.00	2.49	3.18	3.56	7.50
4.09	4.23	Mercedes-Benz	Atego 1726/36	10.88	6.12	16.00	2.49	3.18	3.56	7.50
4.09	4.22	IVECO	Tector 150/3.6	10.05	6.27	15.00	2.50	3.02	3.61	6.74
4.07	4.27	Mercedes-Benz	Accelo 815/44	4.87	7.96	8.30	2.18	2.48	4.40	8.04
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	4.38	7.24	7.00	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	10.59	8.63	16.00	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	8.82	7.52	13.30	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	7.15	7.41	10.51	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	5.06	7.41	8.25	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.16	7.01	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	5.92	7.88	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48

Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	4.94	7.13	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	12.54	6.84	23.00	2.58	3.25	3.300+ 1.350	11.6 2
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	5.08	7.01	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	4.52	6.41	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	6.19	7.13	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	4.95	7.68	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	6.36	7.68	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	2.81	6.43	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	1.11	6.95	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	5.11	6.14	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	5.04	6.43	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.46	6.43	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	5.00	6.13	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.28	6.13	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	5.96	6.73	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	9.15	6.36	13.00	2.05	2.41	2.85 +0.487 5	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	2.83	5.47	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	5.60	6.52	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.47	6.43	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	5.10	6.43	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	5.98	6.19	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	1.51	6.40	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.15	6.41	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	1.27	5.91	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83

3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.17	5.80	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	1.53	5.80	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	1.34	5.25	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.15	5.38	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	4.20	5.97	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	2.13	5.73	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	1.80	4.85	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo

ORTALEZA E SALVADOR										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	4.38	7.24	7.00	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	10.59	8.63	16.00	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	8.82	7.52	13.30	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	7.15	7.41	10.51	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	5.06	7.41	8.25	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.16	7.01	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	5.92	7.88	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	4.94	7.13	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	12.54	6.84	23.00	2.58	3.25	3.300+ 1.350	11.62
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	5.08	7.01	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
VEÍCULO CRÍTICO										
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	4.52	6.41	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	6.19	7.13	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 816/43	4.95	7.68	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	6.36	7.68	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45

3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	2.81	6.43	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	1.11	6.95	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	5.11	6.14	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	5.04	6.43	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.46	6.43	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	5.00	6.13	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.28	6.13	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	5.96	6.73	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	9.15	6.36	13.00	2.05	2.41	2.85+ 0.487	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	2.83	5.47	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	5.60	6.52	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.47	6.43	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	5.10	6.43	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	5.98	6.19	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89
3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	1.51	6.40	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.15	6.41	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	1.27	5.91	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.17	5.80	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	1.53	5.80	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	1.34	5.25	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.15	5.38	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	4.20	5.97	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	2.13	5.73	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	1.80	4.85	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo

7) SÃO PAULO										
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo
4.09	4.23	Mercedes-Benz	Atego 1726/36	10.88	6.12	16.00	2.49	3.18	3.56	7.50
4.09	4.22	IVECO	Tector 150/3.6	10.05	6.27	15.00	2.50	3.02	3.61	6.74
4.07	4.27	Mercedes-Benz	Accelo 815/44	4.87	7.96	8.30	2.18	2.48	4.40	8.04
4.01	4.17	IVECO	Daily 70C17/4.35	4.38	7.24	7.00	2.06	2.35	4.35	8.12
3.95	4.01	Ford	CARGO 1719	10.59	8.63	16.00	2.59	2.90	3.56	9.45
3.92	4.08	IVECO	Vertis 130 Cab Est/4.185	8.82	7.52	13.30	2.20	2.54	4.19	8.27
3.92	4.05	Ford	Cargo1119	7.15	7.41	10.51	2.24	2.53	4.30	8.90
3.89	4.01	Ford	CARGO 816	5.06	7.41	8.25	2.20	2.94	4.30	8.88
3.88	4.02	Ford	Cargo1119	7.16	7.01	10.51	2.24	2.53	3.90	7.80
3.87	4.04	IVECO	Vertis 90 HD/4.455	5.92	7.88	9.30	2.09	2.40	4.46	8.48
VEÍCULO CRÍTICO										
3.86	4.03	Mercedes-Benz	Accelo 815/37	4.94	7.13	8.30	2.18	2.48	3.70	7.01
3.85	3.89	Mercedes-Benz	Axor 4141 K	12.54	6.84	23.00	2.58	3.25	3.300 +1.350	11.62
3.84	3.98	Ford	CARGO 816	5.08	7.01	8.25	2.20	2.94	3.90	7.80
3.83	3.97	IVECO	Daily 70C17/3.75	4.52	6.41	7.00	2.06	2.35	3.75	7.20
3.83	3.98	Mercedes-Benz	Accelo 1016/37	6.19	7.13	9.60	2.18	2.49	3.70	7.23
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 8160/43	4.95	7.68	8.15	2.05	2.41	4.30	8.45
3.79	3.94	Volkswagen	Delivery 10160/4.3	6.36	7.68	9.70	2.05	2.41	4.30	8.45
3.73	3.89	Volkswagen	Delivery 5150/39	2.81	6.43	5.50	2.05	2.43	3.90	7.51
3.69	3.87	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/43	1.11	6.95	3.50	1.99	2.72	4.33	7.83
3.69	3.82	Ford	CARGO 816	5.11	6.14	8.25	2.20	2.94	3.30	6.71
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 8160/39	5.04	6.43	8.15	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.82	Volkswagen	Delivery 10160/3.9	6.46	6.43	9.70	2.05	2.41	3.90	7.79
3.68	3.83	Mercedes-Benz	Accelo 815/31	5.00	6.13	8.30	2.18	2.48	3.10	6.10
3.63	3.76	Mercedes-Benz	Accelo 1016/31	6.28	6.13	9.60	2.18	2.49	3.10	6.40
3.63	3.76	IVECO	Vertis 90 HD/3.69	5.96	6.73	9.30	2.09	2.40	3.69	7.41
3.62	3.79	Volkswagen	Delivery 10160 Plus	9.15	6.36	13.00	2.05	2.41	2.85 +0.487	6.30
3.60	3.77	Volkswagen	Delivery 5150/32	2.83	5.47	5.50	2.05	2.43	3.18	5.93
3.54	3.68	Hyundai	HD 78	5.60	6.52	7.80	2.00	2.27	3.74	7.29
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 10160/3.3	6.47	6.43	9.70	2.05	2.41	3.30	6.69
3.53	3.66	Volkswagen	Delivery 8160/33	5.10	6.43	8.15	2.05	2.41	3.30	6.72
3.52	3.63	IVECO	Vertis 90 HD/3.33	5.98	6.19	9.30	2.09	2.40	3.33	6.89

3.51	3.65	IVECO	Daily 35S14/3.75	1.51	6.40	3.50	2.03	2.28	3.75	7.20
3.51	3.65	IVECO	Daily 55C17/3.75	3.15	6.41	5.30	2.03	2.28	3.75	7.20
3.49	3.65	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/36	1.27	5.91	3.50	1.99	2.43	3.67	6.83
3.41	3.53	IVECO	Daily 55C17/3.45	3.17	5.80	5.30	2.03	2.28	3.45	6.81
3.41	3.53	IVECO	Daily 35S14/3.45	1.53	5.80	3.50	2.03	2.28	3.45	6.81
3.38	3.52	Mercedes-Benz	Sprinter Street 311/33	1.34	5.25	3.50	1.99	2.43	3.25	6.17
3.35	3.45	Volkswagen	Delivery 8160/29	5.15	5.38	8.15	2.05	2.41	2.85	6.30
3.35	3.44	Hyundai	HD 65	4.20	5.97	6.50	2.00	2.25	3.38	7.28
3.33	3.42	Ford	F-350	2.13	5.73	4.50	2.02	1.89	3.58	7.90
2.96	3.08	Hyundai	HR	1.80	4.85	3.40	1.74	1.97	2.43	4.94
Varredura a 90° (m)	Varredura a 180° (m)	Fabricante	Modelo	Lotação (t)	comprimento (m)	PBT (t)	largura (m)	altura (m)	distância entre eixo (m)	Raio de viragem mínimo

ANEXO A – LEGISLAÇÃO ADOTADA EM CIDADES DO MUNDO EM RELAÇÃO AO TRANSPORTE URBANO DE CARGA

A Política de Logística Urbana de Belo Horizonte (BHTRANS, 2017) listou várias medidas adotadas em países do exterior em relação ao setor de transporte de cargas, com o objetivo de alcançar a eficiência econômica, social e ambiental. São elas:

Kassel/ALEMANHA

- Criação de um Centro de Consolidação externo à cidade, responsável pelas entregas de toda a cidade.
- Desenvolvimento de um modelo (WIVER) para determinar a participação do tráfego de veículos de transporte de carga no tráfego total, considerando o fluxo de veículos, e elaborar um mapa de origem/destino desse tráfego de carga entre as diferentes áreas da cidade.

Holanda/PAÍSES BAIXOS

- Desenvolvimento de um modelo de pesquisa (GOODTRIP) para apoiar o desenvolvimento de Centros de Distribuição Urbana (CDU).
- Otimização de carregamento de veículos de carga por meio da padronização de embalagens.
- Projeto de plataformas de cargas internas e externas ao centro urbano, multimodal ou não, para reunir o fluxo de carga de forma a organizá-lo.

Bordeaux/FRANÇA

- Utilização de veículos com tecnologias menos poluentes, que associam a melhoria do sistema logístico e garantem o desenvolvimento econômico da cidade.
- Regulamentação de Planos de Mobilidade Urbana.

Londres/INGLATERRA

- Restrições de estacionamento noturno de veículos de carga em áreas residenciais.
- Definição de rede de rotas locais.
- Restrições de circulação e estacionamento em grandes áreas.

Tóquio/JAPÃO

- Construção de uma rede de “Estradas Principais”, destinadas à distribuição de cargas.
- Regulamentação na provisão de cargas de caminhões e áreas de estacionamento.
- Integração entre o sistema de informações do trânsito em tempo real com o sistema de controle do veículo.

Nova Iorque/ESTADOS UNIDOS

- Divisão da cidade em áreas com definição de locais de estacionamento específicos para veículos de carga.
- Proibição de estacionamento de veículos de carga em áreas residenciais, das 21 às 5h.
- Regulamentação na provisão de cargas de caminhões e áreas de estacionamento

a) BÉLGICA

- Oferta de grandes áreas de armazenagem especializadas.
- Implementação de Centros de Distribuição.
- Fortalecimento de operadores logísticos.

ANEXO B – RESUMO DAS RESTRIÇÕES DAS CIDADES PESQUISADAS E AS FONTES CONSULTADAS

1- São Paulo (SP)

Estabelecimento de zonas com circulação restrita, parcial e integralmente:

Zona de Máxima Restrição de Circulação (ZMRC): Proibida circulação, exceto nos feriados, de 2ª a 6ª feira das 5 às 21h; aos sábados das 10 às 14h.

Vias Estruturais Restritas (VER): Com horários de restrições específicos sinalizados, o tráfego de caminhões está proibido de 2ª a 6ª feira das 5 às 21h ou das 5 às 9 h e das 17 às 21 h, e aos sábados das 10 às 14h.

Zona Especial de Restrição de Circulação (ZERC): Área ou via em zonas exclusivamente residenciais. Proibição em período integral a fim de promover condições de segurança e/ou qualidade ambiental.

Autorização Especial de Trânsito para Caminhões (AETC): Autorização prévia e específica destinada a permitir o acesso de caminhões em locais com restrição.

VUC (largura máxima de 2,2m, comprimento máximo de 7,2m e data de fabricação a partir de jan/2005): definido pela Portaria nº 31/16 – SMT, e veículos de serviço estabelecidos na mesma, estão autorizados a circular na ZMRC, VER e nas ZERC em período integral, mediante AETC.

Fonte/legislação:

- http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr a.asp?alt=27042016P%20000312016SMT. Acesso em: 01 jul. 2018;
- http://www3.prefeitura.sp.gov.br/cadlem/secretarias/negocios_juridicos/cadlem/integr a.asp?alt=09042016D%20569200000. Acesso em: 01 jul. 2018;
- http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/autorizacoes_especiais/t ransporte_de_carga/index.php?p=3589. Acesso em: 01 jul. 2018;
- Mudança no VUC: <http://www.cetsp.com.br/consultas/caminhoes.aspx>. Acesso em: 01 jul. 2018.

2- Rio de Janeiro (RJ)

Proíbe a circulação de caminhões e a operação de carga e descarga no interior do polígono pela orla marítima e outras vias, de segunda a sexta-feira, de 6 às 10h e de 17 às 20 h. As exceções se aplicam a veículos de serviços descritos no decreto.

Fontes:

- Decreto 43.970 de 17 de novembro de 2017. Alterado temporariamente pelo Decreto 43970 de 20 de setembro de 2016. Consultado em: 01 de jul. 2018.
- Decreto 42.272 de 20 de setembro de 2016. Alterado temporariamente pelo Decreto 43970 de 20 de setembro de 2016. Consultado em: 01 jul. 2018
- Decreto 38.055 de 18 de novembro de 2013. REVOGADO.
- Decreto 37.784 de 10 de outubro de 2013. REVOGADO.
- Decreto 29.231 de 24 de abril de 2008. REVOGADO.

3- Brasília (DF)

Proíbe o tráfego de veículos de carga em rodovias do Distrito Federal que dão acesso ao Brasília, nos dias úteis e em determinadas janelas de tempo. Proíbe também operações de carga e descarga em regiões do Plano Piloto.

Fontes:

- http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/03/20/interna_cidades_df,418568/der-proibe-trafego-de-veiculos-de-carga-na-descida-do-colorado.shtml. Acesso em: 01 jul. 2018;
- <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/2008/07/07/ult5772u268.jhtm>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- <http://noticias.r7.com/distrito-federal/der-proibe-trafego-de-caminhoes-entre-16h-e-20h-na-saida-norte-de-brasilia-20032014>. Acesso em: 01 jul. 2018.

4- Salvador (BA)

Decreto Municipal 23.975, de 4 de junho de 2013.

Cria Zonas de Restrição de Operação de Carga e Descarga (ZRCD) e áreas de Restrição à Circulação (ARC). A carga e descarga das ZRCD são proibidas entre 6 e 21h de segunda a sexta e das 6 às 14h aos sábados, exceto para VUC e serviços definidos na lei. As configurações do VUC são: largura máxima de 2,2 m e comprimento máximo de 6,5m

Fontes:

- <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=255043>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- <http://www.transalvador.salvador.ba.gov.br/?pagina=noticia&i=1091>. Acesso em: 01 jul. 2018.

5- Fortaleza (CE)

Portaria AMC Nº 83/2015 de 29/06/2015.

Restringe a circulação de caminhões em áreas e corredores específicos através de horários, exceto para os VUC cadastrados na AMC (Autarquia Municipal de Trânsito). Estabelece o VUC com largura máxima de 2,2m, comprimento total de 6,5m e altura total incluindo a carga de 4,4m.

Anteriormente Em 2012, a restrição era estabelecida pela Portaria AMC nº 218 de 05 de novembro de 2012, que definia um VUC de 7,3m de comprimento, 2,2m de largura, 4,4m de altura com carga e PBT máximo de 10 t. Outra restrição mais antiga ainda, limitava pela tara de 2,5 t.

Fonte:

- <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=287365>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- <http://www.opovo.com.br/app/opovo/cotidiano/2015/11/21/noticiasjornalcotidiano,3537576/comeca-restricao-a-veiculos-de-carga-no-transito-de-fortaleza.shtml>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- Em 2012 (revogada): <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=247027>. Acesso em 01 jul. 2018.

6- Belo Horizonte (MG)

Portaria BHTRANS/DPR 138/2009 de 16 de dezembro de 2009 e 077/2014, estabelecem vias ou trecho de vias em que são proibidas a circulação de veículos pesados, além dos horários em que eles podem circular. A restrição se aplica a veículos com lotação maior do que 5 toneladas ou comprimento maior do que 6,5m. A passagem de carretas nestas regiões é expressamente proibida em qualquer horário.

Fonte:

- <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/carga-urbana/areas-de-carga-descarga-e-com-restricoes>. Acesso em: 01 jul. 2018.

7- Manaus (AM)

Há zonas e vias com restrição à circulação, resumidas a seguir:

- Acima de 8t fica proibido circular: Seg. à Sex. das 06:00 às 09:00h e das 17 às 20h.
- Acima de 16 t fica proibido circular: Seg. à Sex. das 09:00 às 17:00h.

As dimensões máximas permitidas são o comprimento de 18,60m; altura de 4,40m e largura de 2,60m. Veículos com maiores dimensões do que as estabelecidas, são orientados a trafegar no período de 20h às 6h da manhã.

Fontes:

- <http://transito.manaus.am.gov.br/restricao-de-circulacao-entra-em-vigor-na-constantino-nery/>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- Portaria n° 64 de 29 de Julho de 2014:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=273078>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- Portaria n° 66 de 01 de julho de 2015:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=286547>. Acesso em 01 jul. 2018;
- Portaria n° 31 de 04 de abril de 2014:
<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=268972>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- Decreto n° 2.100 de 10 de janeiro de 2013:
<https://leismunicipais.com.br/a/am/m/manaus/decreto/2013/210/2100/decreto-n-2100-2013-institui-na-area-central-da-cidade-de-manaus-a-denominada-zona-maxima-de-restricao-de-circulacao-zmrc>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

8- Curitiba (PR)

A restrição ao tráfego de caminhões e veículos utilitários já existe em Curitiba desde 1997 para a região do centro da cidade. Há proibição da circulação de veículos em diferentes níveis, de acordo com a lotação e/ou comprimento, e também janelas de tempo para carga e descarga.

Fontes:

- Decreto n° 934/1997 – Disciplina o serviço de carga e descarga de mercadorias na área central da cidade de Curitiba. Disponível em:<<https://www.leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/decreto/1997/93/934/decreto-n-934-1997-disciplina-o-servico-de-carga-e-descarga-de-mercadorias-na-area-central-da-cidade-de-curitiba-1997-09-11.html>>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- É possível encontrar notícia sobre o aumento dos limites mínimos de PBT para a Linha Verde em Curitiba, porém não foi possível encontrar a Portaria que regulamenta essa mudança. Disponível em:<<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/portaria-altera-limite-de-peso-de-veiculos-de-carga-em-circulacao-na-linha-verde/40167>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- Portaria n° 111/2010 cria a Zona de Tráfego de Cargas (ZTC) Linha Verde, que entrou em vigor em 22 de março de 2011. Notícia (25/11/2010) sobre a restrição de tráfego de caminhões na Linha Verde. A medida, prevista em portaria, estabelece horários para tráfego de veículos com capacidade de carga entre 7 e 14t e proíbe veículos acima de 14t, que só poderão trafegar mediante autorização da Urbs. Disponível em:<<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/linha-verde-tera-restricao-para-trafego-de-caminhoes/21193>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

9- Recife (PE)

Lei 18.133/2015, de 15 de abril de 2015, proíbe a parada, estacionamento e operações de carga e descarga de mercadorias e bens, de veículos com comprimento total superior a 6,5m nos dias, horários e vias urbanas estabelecidas por Decreto do Chefe do Poder Executivo Municipal. Em 01 de agosto de 2016, acrescentou-se via Lei 18.251/2016, a exceção para

veículos emergenciais e veículos com até 7,5 m que tenham matrícula no órgão de trânsito competente até 15 de abril de 2015.

Disponível em:<<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/2015/1814/18133/lei-ordinaria-n-18133-2015-disciplina-os-servicos-de-carga-e-descarga-nas-vias-publicas-do-municipio-do-recife-na-area-central-do-recife>>. Acesso em: 01 de jul. 2018.

10- Porto Alegre (RS)

Proíbe a circulação de veículos com PBT acima de 10t ou com comprimento superior a 7m de segunda a sexta-feira, das 7h às 19h, e sábados, das 7h às 14h. Acima de 15t, circulação proibida, e deverão solicitar autorização especial, com rota e horário especificados. São exceções os veículos prestadores de serviços de utilidade pública (caminhões de lixo, bombeiros) veículos de guincho e destinados ao socorro mecânico e de transporte de valores.

Fontes:

- <http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=58403>. Acesso em: 01 jul. 2018;
- http://www2.portoalegre.rs.gov.br/vivaocentro/default.php?p_secao=150. Acesso em: 01 ju. 2018.