



Gabriela González Espinosa

**“Avaliação do projeto de infraestrutura do BRT no Estado
do Rio de Janeiro”**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Administração de Empresas do
Departamento de Administração da PUC-Rio

Orientador: Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Rio de Janeiro
Maio de 2022.



Gabriela González Espinosa

**“Avaliação do projeto de infraestrutura do BRT no Estado
do Rio de Janeiro”**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

Prof. Luiz Eduardo Teixeira Brandão

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Carlos Bastian-Pinto

Departamento de Administração – PUC-Rio

Henrique Castro Martins

EAESP-FGV

Rio de Janeiro, 20 de maio de 2022

Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial do trabalho, é proibida sem a autorização da universidade, da autora e do orientador.

Gabriela González Espinosa

Bacharel em Contabilidade e Finanças pela Universidade de Havana (2019). Possui experiência em áreas como finanças, com ênfase em finanças comportamentais, análise de riscos e incertezas, e sistema bancário. Pesquisa principalmente os tópicos de finanças comportamentais, o sistema bancário, o impacto econômico de regulamentos e normas na sociedade, análise de risco e incerteza em projetos de infraestrutura e energia em relação público-privada (PPP). Atualmente, faz parte do Núcleo de Pesquisas Energéticas (NUPEI).

Ficha Catalográfica

González Espinosa, Gabriela

Avaliação do projeto de infraestrutura do BRT no Estado do Rio de Janeiro / Gabriela González Espinosa; orientador: Luiz Eduardo T. Brandão. – Rio de Janeiro PUC, Departamento de Administração, 2022.

157 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Administração – Teses. 2. Sistema de trânsito rápido de ônibus (BRT). 3. Incentivos governamentais. 4. Projetos de infraestrutura de relação público-privada (PPP). I. Brandão, Luiz Eduardo Teixeira. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Para as pessoas mais importantes da minha vida:

"Meus pais e o Viejito"

Agradecimentos

A presente tese foi concluída graças à cooperação de um grande número de pessoas e instituições.

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, a Rodrigo Sant'Anna que, como parte da equipe de trabalho da Prefeitura do Rio de Janeiro, me forneceu todos os dados, documentações e informações necessárias sobre o projeto do sistema BRT. Ao IAG Business School - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro por ter me aceito a viver esta incrível experiência, que junto a todo o corpo docente contribuíram na minha formação e superação profissional.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Dr. Luiz Eduardo T. Brandão por me acompanhar todo este tempo nesta nova jornada. Obrigada por ser meu professor, meu orientador e uma incrível pessoa comigo.

À minha família, em especial aos meus pais e o Viejito, por ser o melhor que tenho, por ser o centro da minha motivação e por estar sempre ao meu lado. A eles devo tudo o que sou, dedico esta tese para agradecer todo o amor e carinho que me demonstraram, e meu maior objetivo é que sempre sintam orgulho de mim.

A Iram, por ser tão especial e me apoiar em todos os meus projetos de vida, incluindo esta tese.

A todos os meus amigos que são uma parte importante de mim, e aos meus colegas de classe de quem guardo ótimas lembranças.

E a todas as pessoas que indiretamente influenciaram a conclusão desta dissertação.

Muito obrigada !!

Resumo

González Espinosa, Gabriela; Teixeira Brandão, Luiz Eduardo. “**Avaliação do projeto de infraestrutura do BRT no Estado do Rio de Janeiro**”. Rio de Janeiro, 2022. 157p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O Brasil, país pioneiro na implantação do BRT, possui alguns corredores com prioridade para serviços de transporte coletivo por ônibus. O sistema BRT no Rio de Janeiro começou a ser desenvolvido há tempos, mas ficou parado por fatores externos até princípio do ano 2021. A partir dessa data, o seu desenvolvimento foi retomado com uma perspectiva diferente para não cometer os mesmos erros do passado. O novo modelo pretende eliminar o risco de demanda, assim como fazer a separação entre fornecimento e operação dos equipamentos, permitindo a participação de atores especializados. Portanto, neste trabalho pretende determinar a viabilidade do novo modelo implementado do sistema BRT pela perspectiva financeira. Foi feita uma pesquisa geral sobre os principais incentivos governamentais, as características dos BRT e o conhecimento acumulado em diferentes países para a avaliação do modelo de negócio e contrato desenvolvido pela Prefeitura. Além disso foram analisados os fluxos de caixa através dos principais indicadores financeiros. Os resultados mostram que do ponto de vista financeiro o projeto é rentável e lucrativo. O novo modelo permite também uma melhoria na eficiência do sistema de transporte público na cidade e o aumento da satisfação do usuário. A principal contribuição do trabalho é o estudo qualitativo brindando uma comparação entre as diferentes experiências internacionais neste âmbito para conhecer os aspectos favoráveis que se possam ajustar a realidade brasileira da cidade do Rio de Janeiro.

Palavras-Chaves

Sistema de trânsito rápido de ônibus (BRT); incentivos governamentais; projetos de infraestrutura de relação público-privada (PPP); experiências internacionais.

Abstract

González Espinosa, Gabriela; Teixeira Brandao, Luiz Eduardo (Advisor). **“Evaluation of the BRT infrastructure project in the State of Rio de Janeiro”**. Rio de Janeiro, 2022. 157p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Brazil is a pioneer in the implementation of BRT and has some corridors with priority for public transport services by bus. The BRT system in Rio de Janeiro began to be developed many years ago but was put on hold due to external factors until early 2021, when its development was resumed with a different perspective so as not to make the same mistakes as in the past. The new model intends to eliminate demand risk, as well as implement the separation between supply and operation of the equipment, allowing the inclusion of specialized actors. Therefore, this work intends to determine the feasibility of the new implemented model of the BRT system from a financial perspective. A general survey was carried out on the main government incentives, the characteristics of BRT and the knowledge accumulated in different countries for the evaluation of the business model and contract developed. In addition, cash flow analysis was done using the main financial indicators. The results indicate that from a financial perspective the project is profitable and profitable for the investment. The new model also allows for an improvement in the efficiency of the public transport system in the city and an increase in user satisfaction. The main contribution of the work is the qualitative study providing a comparison between the different international experiences in this field to know the favorable aspects that can adjust to the Brazilian reality of the city of Rio de Janeiro.

Keywords

Bus rapid transit (BRT) system; government incentives; public-private infrastructure projects (PPP); international experiences.

Sumário

1. Introdução.....	1
1.1 Problema de pesquisa.....	5
1.2 Objetivos	6
1.2.1 Objetivo Geral	6
1.2.2 Objetivos Específicos	6
1.3 Justificativa	6
1.4 Contribuições.....	8
1.4.1 Contribuição Gerencial.....	8
1.4.2 Contribuição Teórica e Prática	8
1.5 Estrutura da dissertação.....	9
2. Revisão da Literatura.....	10
2.1 Principais Incentivos Governamentais.....	10
2.1.1 Subsídio de Investimento	11
2.1.2 Subsídio de Receita	12
2.1.3 Subsídio de garantia mínima de demanda.....	15
2.1.4 Subsídio de opção de resgate.....	17
3. Sistema de trânsito rápido de ônibus (BRT)	11
3.1 Características.....	24
3.2 Elementos ou Componentes	27
3.2.1 Veículos	27
3.2.2 Estações	29
3.2.4 Sistemas de cobrança de tarifas	30
3.2.5 Sistema de informação ao passageiro	30
3.2.6 Velocidade	31
3.2.7 Capacidade	31
3.2.8 Confiabilidade	32
3.2.9 Acessibilidade e segurança.....	32
3.3 Tipos de BRT.....	33
3.4 Tecnologia	33
3.5 Desempenho	34
3.6 Impacto de Sustentabilidade Ambiental	34

3.6.1	Eletromobilidade como mecanismo de transformação.....	35
3.7	Impacto econômico	36
3.7.1	Desenvolvimento das terras.....	36
3.8	Impacto Social.....	37
3.9	Processo de planejamento	37
3.10	Comparação com outros meios de transporte.....	37
3.10.1	Diferenças entre o sistema BRT e o sistema de ônibus convencional	38
3.11	Vantagens	38
3.12	Desvantagens.....	39
4.	Histórico e Contextualização Internacional do Sistema BRT	24
4.1	Aspectos Gerais	24
4.2	Aspectos Particulares.....	44
4.2.1	América do Norte	45
4.2.1.1	Canada.....	45
4.2.1.1.1	Ottawa	45
4.2.1.1.2	York, Ontario.....	45
4.2.1.2	Estados Unidos	46
4.2.1.2.1	Experiências Iniciais	46
4.2.1.2.2	Eugene, Oregon.....	47
4.2.1.2.3	Orange Line, Os Angeles.....	47
4.2.2	América Central e do Sul	48
4.2.2.1	Brasil	48
4.2.2.1.1	Curitiba (1982)	48
4.2.2.1.2	Porto Alegre	50
4.2.2.1.3	Rio de Janeiro.....	51
4.2.2.2	Bogotá, Colômbia (TransMilenio).....	52
4.2.2.3	Santiago de Chile, Chile (Transantiago).....	55
4.2.3	Europa.....	58
4.2.3.1	Paris, França (1993).....	59
4.2.3.2	Istambul, Turquia (2008)	60
4.2.3.3	Cambridge, Reino Unido	61
4.2.3.4	London Buses, Londres, Reino Unido.....	62
4.2.3.5	ROSCOs e TOCs, Reino Unido	63

4.2.3.6	Transport For Great Manchester (TGM), Inglaterra.....	65
4.2.4	Asia	66
4.2.4.1	India	66
4.2.4.2	Ahmedabad.....	67
4.2.4.3	China.....	67
4.2.4.4	Guangzhou, China (2010)	68
4.2.4.5	Seul, Coreia do Sul	69
4.2.5	Oceania.....	70
4.2.5.1	Austrália	70
4.2.6	África.....	71
4.2.6.1	Ghana	71
5	Caso de Estudo: Novas licitações do Projeto do BRT do Estado de Rio de Janeiro.	42
5.1	Antecedentes.....	42
5.1.1	A formação do Consórcio Operacional.....	42
5.1.2	O início da operação dos corredores	74
5.1.3	A Intervenção de 2019	74
5.1.4	A Intervenção de 2021	75
5.2	Encaminhamento Feito.....	76
5.3	Novo Modelo de Gestão para o Sistema BRT	76
5.3.1	Avaliação de Alternativas	78
5.3.2	Avaliação de Alternativas com o Mercado	81
5.3.3	Responsabilidades de Interface entre Provedor-Operador	82
5.3.4	Aspectos Técnicos e Operacionais	83
5.3.4.1	Definição da Frota.....	83
5.3.4.2	Modelo de Loteamento da Licitação.....	86
5.3.4.3	Disponibilização de Garagens para Lotes.....	87
5.3.5	Modelo de Remuneração	88
5.3.5.1	Modelo de Remuneração do Operador	88
5.3.5.2	Remuneração do Provedor	90
5.3.6	Projeções Financeiras.....	90
5.3.6.1	Memória de Cálculo	92
5.3.6.2	Estimativas de Subsidio	92
5.3.6.3	Formas de Custeio	93

5.3.6.4	Implantação e transição	93
5.3.7	Aportes atuais e futuros do novo sistema	94
6	Metodologia	73
6.1	Fluxo de Caixa e Fluxo de Caixa Descontado.....	73
6.2	Taxa Mínima de Atratividade	96
6.3	Custo Médio Ponderado de Capital	98
6.4	Técnicas de Avaliação de Investimento	99
6.4.1	Payback e Payback Descontado.....	99
6.4.2	Valor Presente Líquido	101
6.4.3	Taxa Interna de Retorno	102
6.4.4	Taxa Interna de Retorno Modificada	103
6.4.5	Índice de Lucratividade	104
7	Resultados.....	106
7.1	Lote A	106
7.2	Lote B	109
7.3	Comparação entre os lotes	111
7.4	Matriz DAFO.....	113
8	Conclusões	115
8.1	Sugestões e recomendações para novas pesquisas	118
9	Referências Bibliográficas	120
10.	Anexos	131
10.1	Anexo 1	131
10.2	Anexo 2	136
10.3	Anexo 3	138
10.4	Anexo 4	138
10.5	Anexo 5	139
10.6	Anexo 6	140
10.7	Anexo 7	140

Lista de Siglas

AFT	Administração Federal de Trânsito
AVL	Automáticos de Localização de Veículos
BHLS	Bus with High Level Service
BOT	Build Operate Transfer
BRT	Bus Rapid Transit
CAPEX	Despesas de Capital
CBD	Distrito Comercial Central
DTPM	Diretoria de Transportes Públicos Metropolitanos
IL	Índice de Lucratividade
ITDP	Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento
ITS	Sistema de Transporte Inteligente
JV	Joint venture
LBSL	London Bus Services Company
TfL	London Transport Agency
LPVR	Least Present Value of Revenues
LRT	Light Rail Transit
MDG	Garantia de Demanda Mínima
MRG	Garantia de Receita Mínima
MTG	Garantia de Tráfego Mínimo
MTT	Ministério dos Transportes e Telecomunicações
OPEX	Despesas Operativas
PCRJ	Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro
PDI	Indicador de Interrupção de Propriedade
PD	Payback Descontado
PIR	Índice de Investimento de Lucro
PPP	Projetos de Parcerias Público-Privada
PS	Payback Simples

RIT	Rede de Transporte Integrado
ROSCOs	Operadoras de Material Rodante
SMTR Rio de Janeiro	Secretaria Municipal de Transportes da Prefeitura da Cidade do
SPE	Society of Petroleum Engineers
SPPO	Sistema de Transporte Público por Ônibus
TIR	Taxa Interna de Retorno
TIRM	Taxa Interna de Retorno Modificada
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TOCs	Operadoras de Trem
TOD	Desenvolvimento Orientado para o Trânsito
TSP	Sistemas de controle para fornecer prioridade de semáforos
TVM	Trans-Val-de-Marne
VIR	Índice de Investimento de Valor
VLТ	Transporte Ferroviário Leve
VPL	Valor Presente Líquido
WAAC	Custo Médio Ponderado de Capital
WOS	Subsídio integral

Lista de Figuras

Figura 1 - Histórico do sistema BRT no Rio de Janeiro	76
Figura 2 - Atores e Responsabilidades	80
Figura 3 - Mapa de tipologia arquitetônica de estações do sistema BRT	88
Figura 4 - Estrutura do Fluxo de Caixa	96
Figura 5 - Representação gráfica da TIR	102
Figura 6 - Análise da variação do VPL do Lote A	107
Figura 7 - Análise da variação da TIR e da TIRM do Lote A	108
Figura 8 - Análise da variação do VPL do Lote B	110
Figura 9 - Análise da variação da TIR e da TIRM do Lote B	110
Figura 10 - Análise da variação do VPL de todos os lotes	112
Figura 11 - Análise da variação da TIR e da TIRM de todos os lotes	112
Figura 12 - Croquis das diferentes classes de veículos do sistema	138
Figura 13 - Layout para veículos do sistema BRT	138
Figura 14 - Estrutura do FCD do projeto do sistema BRT	140

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Prospecção de empresas	82
Tabela 2 - Descritivo das classes e tecnologias veiculares solicitadas	84
Tabela 3 - Características de cada classe-tecnologia de veículo	85
Tabela 4 - Lotes para licitação do sistema BRT	86
Tabela 5 - Quantitativo e cronograma de entrega de frota	87
Tabela 6 - Modelo de custos do sistema BRT	91
Tabela 7 - Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo Diesel B	106
Tabela 8 - Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo Diesel C	107
Tabela 9 - Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo Diesel C	109
Tabela 10 - Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo Diesel C	109
Tabela 11 - Dados operacionais dos veículos Diesel	111
Tabela 12 - Matriz DAFO	113
Tabela 13 - Quadro resumo dos principais subsídios	131
Tabela 14 - Quadro resumo das experiências internacionais	136
Tabela 15 - Dimensões e características técnicas de cada tecnologia	139
Tabela 16 - Características das estações do sistema BRT	140

Lista de Equações

Equação 1 - Método Capital Asset Pricing Model (CAPM)	98
Equação 2 - Custo de Capital de Terceiros	98
Equação 3 - Custo Médio de Capital Ponderado (WACC)	98
Equação 4 - Payback Simples	100
Equação 5 - Payback Descontado	100
Equação 6 – Valor Presente Líquido (VPL)	101
Equação 7 - Taxa Interna de Retorno (TIR)	102
Equação 8 - Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM)	103
Equação 9 - Taxa Interna e Retorno Modificada (TIRM)	103
Equação 10 – Índice de Lucratividade	104

1. Introdução

O sistema de transporte público coletivo é o termo aplicado ao transporte coletivo de passageiros. Ao contrário do transporte privado, os passageiros do transporte público têm de se adaptar aos horários e percursos oferecidos pelo operador e dependem em maior ou menor medida da intervenção regulamentar do Governo, segundo Montezuma (2008). Também precisa ser economicamente viável para seus usuários, motivo pelo qual nos últimos anos tem existido um aumento de 40% da inversão nesta área para a melhoria da eficiência e eficácia do sistema com objetivo de atingir a satisfação dos indivíduos que dependem diretamente deste tipo de mobilidade, tanto em países desenvolvidos como emergentes (Zamora-Colín, Campos-Alanís, & Calderón-Maya, 2013).

Muitos estudos têm sido realizados para avaliar o desempenho do sistema de transporte público. Ingvardson and Jensen (2012), descrevem que um sistema de transporte público eficiente e atraente deve fornecer alta velocidade, alta frequência de operações, conforto ao usuário e serviços previsíveis. Avila-Torres, Caballero, Litvinchev, Lopez-Irarragorri, and Vasant (2018), aponta que o sistema de transporte urbano opera em condições de tráfego incertas, com diversos parâmetros envolvidos no processo de planejamento, tais como: passageiros, veículos, motoristas, rotas, tempos (viagens e tempos de espera), políticas da empresa transporte urbano, custos de operação e outros fatores (Dantas, Dantas, Melo, & Maciel, 2021). Alguns dos fatores que determinam as características e a eficiência do serviço de transporte coletivo são as interações entre o padrão de localização e a densidade das atividades urbanas; os atributos, condições e localização da infraestrutura e instalações rodoviárias; as características tecnológicas e operacionais dos modos de transporte; o quadro legal e institucional que regula o funcionamento do serviço e os interesses dos operadores e utilizadores (Tejada, 2002).

Tendências interessantes estão surgindo, como a implementação de sistemas integrados de ônibus, processos aprimorados para participação privada em operações, aumento do financiamento de governos nacionais e crescimento de

fabricantes de ônibus e fornecedores de tecnologia do Brasil, Índia, Indonésia e China (Hidalgo & Gutiérrez, 2013). A urbanização cria oportunidades para o desenvolvimento econômico, uma melhor qualidade de vida e redução da pobreza, mas os ambientes urbanos também apresentam muitos desafios como crime, congestionamento e poluição (Glaeser, 2012). Entre as muitas consequências do congestionamento estão a menor produtividade, altos impactos ambientais e maior desigualdade. Cruz-Daraviña, Sánchez-Díaz, and Bocarejo Suescún (2021), fornecem um índice de impacto de congestionamento, classificando Bogotá, Rio de Janeiro, Cidade do México, Istambul e São Paulo como as cidades mais congestionadas em 2019.

Há uma variedade de tecnologias de transporte disponíveis para o transporte público, variando de vários modos de ônibus a bonde, transporte ferroviário leve (VLT) e sistemas de trem metropolitano (metrô) para combater o congestionamento nessas cidades latino-americanas. Dentro de cada modo de transporte público, os aspectos de design e serviço podem variar para produzir a solução ideal para ambientes urbanos específicos e requisitos de serviço. Desde o final da década de 1990, uma das alternativas mais amplamente implementadas tem sido a construção de sistemas Bus Rapid Transit (BRT) (Trubia, Severino, Curto, Arena, & Pau, 2020).

Balassiano (2009), destaca que o BRT provavelmente representa uma das “revoluções” em transporte público urbano mais generalizado das últimas décadas. Cervero and Kang (2011), afirmam que mais e mais cidades estão se voltando para o uso do BRT como modo de transporte público porque tem uma excelente relação custo-benefício, alivia os congestionamentos de tráfego, reduz as emissões de carbono e aumenta as opções de mobilidade para a população de menor poder aquisitivo. Segundo eles, está crescendo em popularidade ao redor do mundo (Alexandre & Balassiano, 2012). Os sistemas Bus Rapid Transit (BRT) ganharam popularidade global porque oferecem serviços rápidos, ecológicos, seguros e eficientes. Além de ter um custo de projeto aproximadamente um terço menor que um projeto ferroviário. O BRT pode fornecer desempenho, qualidade e boa capacidade de passageiros (Dantas et al., 2021). Segundo Silaen, Nasution, and Suwantoro (2018), levando isso em consideração, as técnicas de atuação, tais como os intervalos de chegada de passageiros e veículos, o volume de pessoas circulando

no sistema, bem como os tempos de espera dos passageiros em cada nível de plataforma devem ser considerados no embarque.

O BRT é baseado em uma parceria público-privada bem-sucedida, com o governo financiando a infraestrutura e supervisionando as funções de planejamento de longo prazo, e licitações da parte privada para a operação de várias linhas em uma base de custo especificada. Este sistema misto de regulação pública e operação privada é considerado a abordagem ideal para alcançar um sistema competitivo e transparente que responda às necessidades do usuário. Nesse sistema operacional, da mesma forma que novas relações contratuais são geradas entre governo e prestadores de serviços, novas relações políticas também surgem entre esses atores, baseadas principalmente nos postulados da governança urbana (Rojas, 2017). Por esses motivos, como forma de atrair investidores privados, mitigar os riscos e incertezas dos projetos e reduzir futuras falhas ou desinteresse pela operação, os governos estão implementando incentivos como garantia.

O Brasil, país pioneiro na implantação do BRT, possui alguns corredores com prioridade para serviços de transporte coletivo por ônibus localizados em Curitiba, Porto Alegre, São Paulo e Goiania (Lerner (2009), Hensher and Golob (2008)). Com a realização da Copa FIFA de Futebol 2014, várias capitais brasileiras implantaram esses sistemas visando adequar sua malha de transporte coletivo e promover mobilidade sustentável para atender a uma demanda específica esperada para durante o evento. Posteriormente, desde que o Comitê Olímpico Internacional (COI) selecionou o Rio de Janeiro para albergar os Jogos Olímpicos do 2016, as grandes escalas da infraestrutura de transporte foram transformando a cidade para atender à demanda dos usuários que visitaram a região. Diversos projetos na área de transportes se implementaram de novo como, por exemplo, o BRT, VLT e metrô para dar maior fluidez e mobilidade urbana aos usuários do transporte público antes, durante e após estes eventos (Alexandre & Balassiano, 2012).

Para atender a demanda de transporte durante os eventos esportivos mundiais, os governos federal, estadual e municipal, projetaram 20 corredores expressos e 4 corredores de BRTs (TransBrasil, TransCarioca, TransOeste e TransOlimpica) na cidade de Rio de Janeiro no ano de 2016. A implantação do sistema trouxe avanços significativos na questão da mobilidade urbana do município. Foi notado inicialmente um aumento na eficiência no deslocamento e diminuição no tempo de viagem dos usuários do sistema. No entanto, com o passar do tempo começaram a

surgir problemas relacionados aos altos índices de superlotação e ineficiência operacional, gerando como consequência a insatisfação crescente dos usuários que dependem deste sistema. A lacuna entre a demanda de passageiros inicialmente projetada e a demanda real realizada ao longo dos anos levou o sistema a atingir um nível de saturação logo após sua inauguração (Reais, 2020).

Nesse mesmo ano, o projeto do BRT ficou parado por fatores externos até princípio do ano 2021. Com a eleição do novo prefeito Eduardo Paes, o projeto foi retomado com uma perspectiva diferente para evitar os erros do passado, considerando a deterioração e depreciação dos equipamentos e construções feitas anteriormente. Avaliado como um plano inédito, por ser o primeiro trabalho implantado no Brasil com uma estrutura diferente, tirada principalmente de experiências internacionais de cidades como Londres, Singapura, Bogotá e Santiago de Chile. O novo modelo tem como objetivo reduzir e eliminar o risco de demanda, problema comum em todos os projetos de infraestrutura, e ao mesmo tempo, operar com tecnologias modernas e lotes de veículos articulados a diesel. Se adota também a separação entre fornecimento e operação dos equipamentos, permitindo a inclusão de atores especializados. Desta forma a pesquisa está direcionada na análise financeira do contrato de licitação do projeto BRT de Rio de Janeiro, levando em consideração as perspectivas e dados reais do mercado para conhecer se as experiências dos outros países podem ser aptas para ser implementadas no Brasil desde o ponto de vista rentável e eficiente.

A importância deste tópico de pesquisa é demonstrada pelas novas oportunidades, contribuições socioeconômicas e pelos impactos que o uso de experiências internacionais pode fornecer para o desenvolvimento dos projetos de infraestrutura no Brasil. A combinação ideal de incentivos que minimizam os custos para o governo e os contribuintes é apresentado tendo em conta o desenvolvimento em alguns países latino-americanos, apesar que no caso específico do sistema BRT não seja implementado pois a Prefeitura assume tudo o risco do projeto. Também o modelo analisado permite ao governo analisar o custo-benefício de cada nível de apoio e propõe uma alternativa para limitar a exposição governamental, mantendo os lucros para o investidor privado. Além disso, as informações deste estudo são de interesse do setor governamental e privado, pois a abordagem pode ser aplicada a outros problemas de avaliação de projetos de PPP onde o custo e o risco precisam ser projetados, mitigados e determinados para o governo.

1.1 Problema de pesquisa

Ronaldo Balassiano (2012), afirma que o setor de transporte urbano no Brasil pode ser considerado um dos mais importantes na promoção da mobilidade sustentável e como suporte ao processo de transição para um modelo com base na Economia Verde. Deve-se apreciar que no âmbito urbano, onde existe uma interação constante e dinâmica entre diferentes atores incluindo usuários de sistemas de transporte coletivo, usuários de sistemas privados motorizados (carros), usuários de modos não motorizados (viagens a pé e bicicletas), operadores, órgãos gestores, agências reguladoras e planejadores, torna-se necessário a adoção de uma Ética Verde onde os diferentes atores possam desempenhar seu papel de forma coerente e visando um objetivo de consenso que é garantia da mobilidade sustentável (Alexandre & Balassiano, 2012).

A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (PCRJ), por intermédio de sua Secretaria Municipal de Transportes, decidiu substituir e aumentar a frota por meio da aquisição de ônibus para a provisão da frota do sistema BRT, de forma a garantir a disponibilidade de veículos necessários para a prestação de serviço de transporte de alta qualidade. Desta forma, esta licitação de aquisição de frota visa requalificar o serviço do sistema BRT e sua integração com os demais modos. O equacionamento do modelo de gestão de transporte de passageiros, com maior ênfase em a região de maior vulnerabilidade social da cidade do Rio de Janeiro, é de suma importância para aumentar a atratividade do transporte público na cidade e na Região Metropolitana, assim como para atingir os objetivos traçados no Plano de Desenvolvimento Sustentável e no Plano Municipal de Mobilidade Urbana Sustentável. A análise do sistema BRT do Rio de Janeiro que está sendo implantado sob lotes de veículos articulados com diesel, é uma chance de estudo de caso para analisar esta nova variante. Quanto às oportunidades oferecidas por esses recursos à sociedade não divulgada, o motivo pelo qual este projeto visa contribuir para a definição das estratégias governamentais mais eficazes para o investimento público e privado em infraestrutura para a sociedade por meio da experiência internacional de casos e projetos internacionais similares e a análise financeira, permitindo ao gestor público entender o custo-benefício de cada alternativa disponível. Dessa maneira, confiança e segurança estão implícitas em qualquer tipo de investimento ou financiamento. Em base no exposto, a seguinte questão é colocada como um problema de pesquisa:

Quão viável e lucrativo é o novo modelo implementado do sistema BRT da perspectiva financeira, em comparação com as experiências internacionais, para obter o efetivo funcionamento do sistema de transporte?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Portanto, neste trabalho pretende-se determinar quão viável e lucrativo é o novo modelo implementado do sistema BRT da perspectiva financeira, em comparação com as experiências internacionais para obtenção do efetivo funcionamento do sistema de transporte.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar os diferentes incentivos que o governo pode estabelecer em um projeto de infraestrutura público-privada para reduzir o nível de risco do contrato.
- Indagar sobre a experiência internacional da operação do sistema BRT.
- Comparar as experiências de outros países com Brasil, respeito ao novo modelo de operação implementado para o eficaz funcionamento do sistema.
- Analisar os fluxos de caixas do projeto para conhecer a rentabilidade financeira do mesmo.
- Examinar a viabilidade dos indicadores financeiros para determinar se o projeto é lucrativo e merece a pena sua inversão em virtude de sua operação eficiente.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento orientado para o trânsito (TOD) tornou-se um conceito importante para o aditamento urbano como uma possibilidade de evitar a expansão urbana, mitigar os efeitos ambientais causados pelos automóveis particulares, promover uma vida urbana mais rica e diversificada e otimizar o interior das infraestruturas das cidades (Duarte & Ultramari, 2012). As parcerias público-privadas (PPPs) têm sido utilizadas como uma alternativa significativa do ponto de vista econômico-financeiro para atrair investimentos privados para diferentes

planos. Os projetos de PPP podem ser definidos como um acordo de interesse e benefício mútuo no qual a parte privada participa e fornece suporte financeiro para a prestação de serviços ao governo (Grimsey & Lewis, 2007). Especificamente, a participação da concessionária privada em projetos de infraestrutura de transporte tem sido examinada por governos de diferentes partes do mundo devido à escassez de recursos públicos, expansão econômica, aumento da demanda por melhores serviços, benefícios sociais e deterioração da infraestrutura de transporte, particularmente em economias emergentes (Blank, Samanez, Baidya, & Dias, 2016). Como estratégia para atrair o interesse dos agentes privados, mitigar riscos e incertezas existentes, e ao mesmo tempo reduzir os níveis de abandono dos projetos de infraestrutura, o governo implementa incentivos na forma de garantias.

Atualmente no Estado de Rio de Janeiro, Brasil; passados mais de dez anos da Concorrência SMTR CO nº 001/2010, que deu ensejo às atuais concessões, o sistema convencional de transporte público de passageiros, sobretudo, o sistema de BRT evidenciam o esgotamento de seus recursos sob os ângulos operacional, gerencial e de controle estatal. O modelo contemporâneo não mais oferece soluções adequadas para eliminar ou mitigar graves insuficiências verificadas nos serviços oferecidos à população como o sucateamento da frota, vandalismo e degradação das estações, queda expressiva de demanda, evasão de passageiros e outros desafios estruturais supervenientes ao contrato. Os contratos de concessão vigentes atribuem aos operadores a obrigação de provisão da frota, controle da bilhetagem, da arrecadação e repartição tarifária, exploração de terminais, operação propriamente dita do serviço e provisão de garagens, além da delegação do BRT como parcela do objeto concedido aos concessionários do sistema convencional. A concentração de atividades administrativas e econômicas heterogêneas prejudica o foco em cada uma das partes autônomas, impedindo ganhos de produtividade, redução de custos, previsibilidade de despesas, obtenção de mão de obra especializada e benefícios na gestão de pessoas. A experiência adquirida na última década demonstrou que o BRT constitui um sistema vocacionado para ser concedido de forma apartada do serviço convencional, considerando dentre outros fatores, as suas características peculiares, a complexidade e o custo operacional diferente. Diante dessa constatação, a PCRJ decidiu pela mudança de paradigma, inspirado em casos testados com sucesso em outras cidades do mundo.

1.4 Contribuições.

1.4.1 Contribuição Gerencial

As informações que este estudo pretende produzir podem ser do interesse do governo e investidores privados, pois a opção e abordagem de garantias reais desde as experiências internacionais é de grande relevância, uma vez que pode ser aplicada a outros problemas de avaliação de projetos de PPP onde é necessário projetar, mitigar e determinar o custo e o risco desses mecanismos para o governo. Além disso, pode fornecer ao governo as ferramentas necessárias para compreender melhor os riscos e custos envolvidos na concessão de apoio governamental, quando é necessário atrair investimentos privados em projetos de infraestrutura de interesse para a sociedade.

A metodologia proposta pode ser utilizada pelo governo para avaliar projetos de parceria público-privada. Da mesma forma, pode administrar com uma configuração eficiente sua capacidade de investimento e direcionamento de recursos financeiros para as técnicas de projetos de obras públicas. Colabora na melhor previsão e modelagem de contratos governamentais, ou seja, essa abordagem pode ser usada por governos para modelar e analisar os projetos de interesse e escolher a melhor combinação de redução de custo e risco. Os resultados a serem alcançados também podem ser úteis para o Ministério do Transporte e demais entes econômicos como uma possível solução para impedimentos, tais como: não cumprimento dos termos acordados, desvio dos resultados esperados, desvio das condições contratuais pela existência de custos de transação, capacidade imperfeita dos governos de fazer cumprir os contratos, incertezas na demanda e, portanto, nas receitas.

1.4.2 Contribuição Teórica e Prática

A partir da avaliação de projetos de infraestruturas pretende-se contribuir para a definição das estratégias governamentais mais eficazes para a expansão do investimento público e privado em transporte para a sociedade, permitindo ao gestor público entender o custo / benefício de cada alternativa disponível. A modelagem dependendo das necessidades do projeto ou dos interesses do poder público e da distribuidora pode ter uma análise financeira útil. Como a concessão

rodoviária possui características próprias, difíceis de replicar em outros empreendimentos, torna-se importante para fins de customização da análise. Com o exame do sistema BRT a partir do novo modelo de estrutura implementado, pode servir de base e exemplo para a transformação futura de outros projetos em andamento para um melhor funcionamento do sistema de transporte no Brasil. Com o estudo geral e particular das diferentes experiências internacionais, pode ser ajustada à realidade do sistema de transporte do país, tendo em conta os fatores externos e internos de cada região como forma de eliminar qualquer tipo de risco e incerteza e para não repetir padrões de erros.

1.5 Estrutura da dissertação

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Após a Introdução onde é apresentado o problema básico a ser estudado, no Capítulo 2 é feita uma revisão da literatura sobre a análise dos projetos de PPPs de infraestrutura com os possíveis incentivos governamentais a serem implementados a traves de exemplos aplicados com um enfoque final na garantia de demanda a partir das experiências dos diferentes países. Logo, no Capítulo 3 se caracterizam os sistemas de BRT como nova forma de transporte sustentável. Posteriormente, no Capítulo 4, se apresenta uma contextualização internacional e nacional sobre os exemplos de BRT e a forma em que foram implementados. Em seguida no Capítulo 5 mostra-se as características, bases, parâmetros e variáveis do projeto de infraestrutura do BRT de Rio de Janeiro a ser analisados. Logo, no Capítulo 6 e 7, é demonstrada a aplicação da metodologia para a avaliação do caso de estudo da pesquisa e seus resultados. E, por fim, no Capítulo 8 são oferecidas as principais conclusões.

2. Revisão da Literatura

2.1 Principais Incentivos Governamentais

Nos anos 90, o Brasil, caracterizou-se por uma tendência de aumento da participação do investimento privado em projetos de infraestrutura pública, tendo como principal motivação o progresso na eficiência, uma melhor alocação de riscos e recursos e superar as limitações orçamentárias do governo. As relações público-privadas em intenções de diferentes tipos estão em contínua mudança, ascensão e efervescência. Algumas das características presentes neste tipo de projetos são que estão sujeitos a regulamentações governamentais, abrangem os principais serviços da sociedade, têm um longo período de maturação, são oferecidos na forma de monopólio, contêm riscos, incertezas e flexibilidades. Antes de assinar o contrato, o investidor privado deve decidir o investimento de capital que pretende fazer considerando os riscos do setor, rentabilidade, viabilidade, receitas, custos, cenários fiscais e incertezas envolvidas. Embora o governo deva examinar formas de criar incentivos e aumentar a atratividade dos projetos, para que o investidor privado não os abandone, deve também implementar regulamentações para que as relações entre ambas as partes garantissem uma situação de ganhar-ganhar (onde as duas partes se beneficiam equitativamente). Embora os objetivos de cada membro sejam desiguais, podem se beneficiar sem a necessidade de uma renegociação (Luiz Eduardo T. Brandão & Saraiva, 2008).

Uma vez que o governo e o sector privado assinem o contrato e seja implementado, na prática, os interesses de ambas as partes podem começar a divergir devido à combinação de alguns fatores como: pressão dos usuários, aumento dos riscos, comportamento oportunista, dificuldades financeiras e maiores incertezas relacionadas à demanda ou ao tráfego futuro, que são difíceis para estimar e pode afetar os níveis de renda. Os governos além de mitigar os possíveis riscos e neutralizar as incertezas atuais outorgando incentivos como garantias para atrair capital privado, também devem se preocupar pelas possíveis consequências de outorgar subsídio. Em princípio, os subsídios são recursos usados para atrair a participação privada. Mas, também podem levar indiretamente a um novo

problema, se não for levado em consideração os possíveis impactos no orçamento público. (Luiz Eduardo Brandao & Saraiva, 2011).

A seguir se apresenta a descrição dos subsídios principais que se implementam nos projetos público-privados de infraestrutura com alguns exemplos de projetos donde foram implementados. Assim como uma breve resenha dos outros tipos de incentivos existentes. Em conjunto, a partir do planteado por Rocha Armada, Pereira, and Rodrigues (2012), se expõe um quadro resumo das vantagens e desvantagens dos subsídios mais usados nos projetos PPP (Anexo 1).

2.1.1 Subsídio de Investimento

Este tipo de subsídio visa subvencionar o investimento. Outorgado no início da concessão, mesmo antes de ceder a concessão. Na literatura vários pesquisadores abordaram o estudo de este tipo de subsídio.

Aldy, Gerarden, and Sweeney (2018), examinaram a escolha entre subsidiar o investimento ou a produção para promover produção desejável. Analisam um experimento natural no qual os desenvolvedores de parques eólicos poderiam escolher um investimento ou subsídio de produção para estimar o impacto de instrumentos de política sobre produtividade. A introdução de subsídios ao investimento fez com que o governo federal gastasse 14 por cento a mais por unidade de produção de parques eólicos. Yang (2016), pesquisa a decisão de tempo de investimento de uma empresa e a escolha do modo de entrada no mercado sob incerteza e irreversibilidade. Indaga como um país anfitrião pode afetar as decisões de investimento da empresa por meio de incentivos ao investimento. Os autores encontram que quando não há subsídio oferecido, a empresa prefere um subsídio integral (WOS), enquanto o país anfitrião prefere uma joint venture (JV). Quando há subsídios oferecidos pelo país anfitrião, descobrem que tanto a empresa quanto a país anfitrião prefere um WOS. Uma JV será preferida apenas se tiver algum benefício distinto que não estão associados a um WOS, por exemplo, benefícios de transferência de conhecimento. Danielova and Sarkar (2011), mostram que dois métodos comuns de atrair investimentos corporativos são os incentivos ao investimento e os incentivos fiscais. Este trabalho examina o efeito do corte de impostos e do subsídio de investimento sobre o benefício líquido de um projeto do

governo. Os autores mostram que o uso de uma combinação sub-ótima de incentivos pode resultar em redução substancial de benefícios para o governo.

Em relação aos projetos de infraestrutura aeroportuária, P. Pereira, Rodrigues, and Rocha Armada (2007), estudam a opção de investir em um novo aeroporto, considerando que o número de passageiros e o fluxo de caixa por passageiro se comportam de forma estocástica e estão sujeitos a choques positivos e negativos. Propõem um modelo que combina dois fatores estocásticos e choques aleatórios e concluem que a opção de adiar esse tipo de investimento depende em grande parte das taxas de crescimento esperadas, da taxa de retorno de equilíbrio, do prazo de concessão e do tempo necessário para a construção, bem como o custo de construção. Martins, Marques, and Cruz (2014), também avaliam o investimento no novo Aeroporto de Lisboa e concluem que é possível obter um maior valor económico de um projeto se os investimentos forem escalonados de acordo com o empreendimento da demanda de tráfego. Isso é particularmente relevante tanto em uma indústria altamente volátil e intensiva em capital, como o transporte aéreo, quanto no caso do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, porque os editais originais de licitação e o contrato não permitiam tal flexibilidade.

2.1.2 Subsídio de Receita

Uma das formas tradicionais de mitigação de risco em projetos de infraestrutura é a Garantia de Receita Mínima (MRG), onde o poder público se compromete a indenizar a concessionária caso a receita caia abaixo de um nível pré-estabelecido. Além disso, é comum nesses casos estabelecer um teto de receita, acima do qual a concessionária transfere lucros extraordinários ao agente público se houver excesso de receita como acontece nos análise de Y. L. Huang and Chou (2006); Asao, Miyamoto, Kato, and Diaz (2013); Carbonara, Costantino, and Pellegrino (2014b); Power, Burris, Vadali, and Vedenov (2016); Hawas and Cifuentes (2016); Buyukyoran and Gundes (2018)). Esta forma de mitigação de risco tem sido utilizada em diversos contratos de concessão no Brasil, como em algumas linhas dos sistemas de Metrô de São Paulo e do sistema de Monotrilho de Salvador (L. E. Brandão, Bastian-Pinto, Gomes, and Labes (2012); Sinergia, 2019; SEDUR, 2019,).

Para o subsídio de receita, Feng, Zhang, and Gao (2015), desenvolvem um modelo para avaliar a garantia de receita mínima, a garantia de tráfego mínimo e a garantia de compensação de preço, e assim determinar o preço ótimo de pedágio em projetos de rodovias. Carbonara and Pellegrino (2018), fazem um modelo para calcular os valores de piso e teto ótimos de receita de uma forma que crie uma condição ganhar-ganhar para a concessionária e o governo, compartilhando o risco de forma justa entre eles. Os autores aplicam este modelo ao caso da Ponte do Estreito de Messina e concluem que este mecanismo pode apoiar o processo de tomada de decisão governamental na avaliação dos valores das subvenções públicas necessárias para tornar o projeto atraente para investidores privados e ajudar os setores público e privado durante a negociação em busca de valores justos e limite máximo de receita. Y. Huang, Hu, Chen, and Dai (2021), mostram que o subsídio do governo é uma responsabilidade importante das despesas fiscais em projetos de parceria público-privada (PPP). No entanto, uma estratégia de subsídio inadequada pode gerar problemas orçamentários ao governo. Os autores analisaram dois novos indicadores: a eficiência do fundo e o custo total extra pago pelo setor privado. Finalmente concluem que as negociações periódicas e iterativas em relação ao subsídio irão efetivamente melhorar a eficiência do fundo em comparação com a forma tradicional. Os resultados também mostram que é importante para o setor público dar incentivos, para induzir ao setor privado a fazer mais esforços no projeto, em vez de apenas fornecer apoio de fundos. N. M. Kumar, Prabakaran, Jerin, and Jayakumar (2019), planteiam que oferecer subsídio de capital é uma das técnicas mais reconhecidas para promover sistemas solares fotovoltaicos. Tentam investigar a influência do subsídio na receita gerada por uma planta fotovoltaica. Os resultados focados para analisar o sistema incluem receita de energia para o primeiro ano, receita de energia para os 24 anos restantes de vida considerando degradação, fator de receita, fator de capacidade, geração de receita e períodos de retorno. Shi, Yin, and Guo (2016), avaliaram o contrato de concessão ideal do projeto sob informações simétricas e assimétricas sobre o custo marginal de manutenção do investidor privado.

Attarzadeh, Chua, Beer, and Abbott (2017), desenvolvem uma abordagem diferente ao propor um modelo para avaliar uma garantia de receita em projetos de PPP de usinas com limites equitativos. Para isso, os autores utilizam a técnica fuzzy para lidar com as incertezas envolvidas na estimativa do fluxo de caixa. Por outro

lado, em vez de propor uma opção de venda de garantia de receita, que é limitada devido a uma exigência de pagamento de prêmio inicial, Shan, Garvin, and Kumar (2010), sugerem uma opção de colar para melhorar a eficácia da gestão de risco em um projeto de pedágio real e redistribuir as perdas e os ganhos para atender às necessidades das partes interessadas. Alonso-Conde, Brown, and Rojo-Suarez (2007), por exemplo, usaram esta ferramenta de avaliação para calcular as garantias governamentais estabelecidas no projeto Melbourne City-Link e analisar se essas garantias afetam os incentivos ao investimento e se o setor público pode ser transferido em valor considerável para o setor privado.

Jin, Liu, Sun, and Liu (2021), abordam o problema de otimizar o nível de garantias de receita mínima e a duração do período de concessão para atender aos interesses de partes públicas e privadas nos contratos de concessão. Propõem um modelo de comércio de informações imperfeito e mostram que a duração do período de concessão é inversamente proporcional ao nível do MRG, e essa correlação é influenciada pela probabilidade de atingir o equilíbrio da taxa de retorno do investimento. Por outro lado Quimbayo, Vega, and Marques (2019), mostram que um modelo de estimativa de garantias governamentais deve ser definido após a realização de testes estatísticos, que permitem verificar qual processo estocástico é mais adequado para descrever a incerteza em análise. Afirmam que se trata de um instrumento válido para definir o valor justo do montante mínimo de receita assegurada pelo governo, por meio do modelo proposto aplicado ao caso de concessão de uma rodovia na Colômbia.

Brill, Compernelle, De Borger, and Kort (2021), desenvolvem uma proposta para a estimativa de uma garantia de receita mínima para um projeto de rodovia com financiamento privado na Colômbia. Como resultado, descobrem que a incorporação do MRG gera um resultado viável para o investidor privado, enquanto o governo pode arcar com os custos do risco de tráfego sem comprometer seu orçamento. Buyukyoran and Gundes (2018), discutem a carga no orçamento público causada por mecanismos de mitigação de risco e usam um modelo para desenvolver limites superiores e inferiores para garantias de receita mínima e limites máximos em projetos de rodovias. Concluem que os valores nessas faixas contribuem para limitar os passivos contingentes do governo.

2.1.3 Subsídio de garantia mínima de demanda

A este respeito, existem muitos estudos, como é o caso de Brandão et al. (2012), onde é examinada o efeito das garantias de tráfego sobre o valor e o risco de um projeto de PPP, e o custo e risco dessas garantias para o governo. Isso se aplica ao caso do projeto de concessão da Linha 4 do Metrô. Os autores determinam a combinação ideal de incentivos que minimiza o custo para o governo. Além disso, demonstram que uma garantia de demanda mínima (MDG) fornece à concessionária um seguro contra níveis de tráfego que estão abaixo de um limite estabelecido contratualmente. Se esse limite for ultrapassado, o governo cobre a diferença, reduzindo o risco e aumentando o valor do projeto. Verificam que enquanto o valor do projeto permanece constante, o efeito na redução do risco aumenta com a proporção da MDG, sugerindo que para um determinado nível de redução de risco do projeto, a alternativa de menor custo para o governo deveria aumentar a MDG e reduzir o valor da doação.

Yang and Dai (2006), abordam a MDG e a opção de abandono antes do início da construção, e mostram que embora ambos criem valor, aumentar o nível diminui a opção de abandonar. Luiz E Brandao and Saraiva (2007), por meio de uma análise quantitativa de risco, expressam que é possível determinar o valor de eventuais garantias oferecidas, seu impacto na redução de risco do projeto, e, ainda, o valor esperado dos desembolsos futuros do governo em função das garantias dadas. Como forma de continuação de sua pesquisa, um modelo de garantia de tráfego mínimo (MTG), que difere da maior parte da literatura na área por usar dados de mercado, e apresentado por Luiz Eduardo T. Brandão and Saraiva (2008). Ao contrário dos estudos anteriores, adotam um modelo MTG em vez do modelo MRG, onde o ativo subjacente é o nível de volume de tráfego.

Em projetos de transporte, como concessões de rodovias com pedágio, o principal fator de risco está relacionado com a procura do tráfego, que é difícil de estimar, e existem alguns mecanismos que permitem uma mitigação e realocação deste risco. Um desses mecanismos é a garantia que implica níveis mínimos e máximos de tráfego ou receita que têm sido propostos e valorizados por diversos autores de diferentes formas, utilizando soluções analíticas, métodos de árvore binomial e Simulação de Monte Carlo (Wibowo, 2004; Brandão & Cury, 2006; Chiara & Garvin, 2007; Galera & Solino, 2010; Carbonara, Costantino &

Pellegrino, 2014a; Marques, Bastian-Pinto & Brandão, 2020). Além disso, os níveis de tráfego futuro de longo prazo são parcialmente difíceis de prever e existem riscos derivados de níveis de tráfego mais baixos do que o esperado. Os resultados mostram que estabelecer um subsídio de acordo com os níveis de tráfego agrega valor significativo ao projeto. ((Lara Galera, Sánchez Soliño, & Abad, 2018), (Adkins, Paxson, Pereira, & Rodrigues, 2019)).

Chu, Wang, and Feng (2017), discutem como a combinação da volatilidade da demanda e a extensão da garantia irá influenciar o valor da opção real de um projeto de PPP e o risco de falência da empresa associada a um projeto. Por outro lado Marques, Bastian-Pinto, Brandão, and Gonzaga avaliam e analisam um contrato de concessão brasileiro que possui garantias e uma opção de expansão em suas cláusulas, e também verificam se são políticas benéficas para o governo e o investidor privado. Os resultados mostram que quando apenas a garantia de demanda e os limites naturais de capacidade da concessão são fundamentados, o projeto tem um valor presente líquido negativo. Quando a opção de expansão da capacidade é assumida além da cláusula de garantia sob demanda, encontram uma melhoria insignificante no valor do projeto. Porém, ao considerarem a opção de expansão de capacidade com prorrogação de prazo condicional além da cláusula de garantia de demanda, encontram um formato de contrato de concessão flexível que atrai ambas as partes envolvidas, pois gera um aumento significativo no valor do projeto.

Nos últimos anos, diversos projetos licitados tiveram o propósito de minimizar os riscos da demanda em projetos de infraestrutura. Cite-se, como exemplos: a concessão patrocinada para a exploração da linha 4 do metrô de São Paulo, na qual se compartilhou o risco da demanda entre o poder concedente e o concessionário a fim de viabilizar o projeto; a delegação de eixos rodoviários potencialmente concorrentes na licitação conjunta do sistema Anhanguera-Bandeirantes e Anchieta-Imigrantes; e, ainda, a concessão administrativa da frota da linha 8 da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), em que o poder público assumiu integralmente o risco da demanda.

Um exemplo importante de garantia mínima de demanda é o caso da Ponte de Salvador-Itaparica entre o Estado de Bahia e o consórcio. O projeto foi licitado em novembro de 2019 e foi vencido por um consórcio de três empresas chinesas: China Communications Construction Company, CCCC South America Regional

Company e China Railway 20 Bureau Group Corporation. Uma concessão de 30 anos para a construção e operação da ponte foi premiada em um leilão público em dezembro do 2019. Isso foi feito fornecendo garantias de tráfego mínimo (MTG) e os custos de responsabilidade de garantias governamentais da ponte de Salvador – Itaparica. Neste caso, o governo forneceu um MTG de dois níveis para a concessionária. Se o tráfego estiver abaixo de 80% dos valores esperados, a concessionária recebe uma indenização. Se o tráfego estiver acima de 110% dos valores esperados, a concessionária paga ao governo uma certa quantia. As regras de pagamento variam dependendo do nível de déficit ou excesso de tráfego. O nível esperado muda a cada ano de acordo com a taxa de crescimento de tráfego estimado. O MTG fornece suporte financeiro se os níveis de tráfego forem baixos, reduzindo o risco da concessionária e ajudando a atrair investidores para projetos de risco. Considerado semelhante a um contrato de seguro, que também é usado para reduzir o risco, pois permite à concessionária reclamar um valor se determinada regra de exercício for observado.

Outros dois exemplos pertencem ao programa de parceria público privadas em Minas Gerais, onde ambas as partes apresentam risco de demanda. O primeiro é um projeto de modernização e operação do Estádio Mineirão baixo uma concessão administrativa, do Projeto Brown Field, com mecanismos de incentivo para gestão eficiente (receita: exploração comercial mais pagamento público) e contrato baseado em resultados. O segundo é um PPP UAI com um 70% da demanda assegurada pelo Estado. A variação permitida em até 150% da demanda, com uma parcela anual complementar (abaixo de 70%) e pagamento mensal do valor por atendimento. Para o setor público há riscos financeiros, enquanto para o parceiro há riscos gerenciais e de construção (implementação).

2.1.4 Subsídio de opção de resgate.

Os contratos de relacionamento público-privado também podem ser observados na perspectiva de expansão ou abandono do projeto. Sánchez-Silva (2019), considerou a capacidade de expansão de um projeto, argumentando que a flexibilidade é um elemento central para o sucesso do desenvolvimento e operação de projetos de infraestrutura. Embora seu foco fosse a necessidade de incorporar flexibilidade gerencial a esses projetos para aumentar o valor, suas descobertas

indicaram que a expansão é mais provável de ocorrer com contratos longos de mais de 30 anos. Blank et al. (2016), modelam as garantias de tráfego e um direito implícito de abandono, a fim de analisar o impacto e a interação de tais flexibilidades. Portanto propõem uma concessão hipotética para rodovias no Brasil com uma garantia de tráfego mínimo, um limite máximo de tráfego e uma opção implícita de abandono, tendo em conta que esta última afeta o nível de garantia que deve ser dado. Sugerem o uso de diferentes percentuais da parte da receita a ser recebida ou paga pela concessionária. Para o cálculo de seus valores são analisados dois métodos distintos, um baseado em conceitos analíticos utilizado por Galera and Solino (2010) e outro baseado em simulação utilizado por Luiz Eduardo T. Brandão and Saraiva (2008).

Irwin (2003), examina alguns tipos de apoio prestado por governos, incluindo garantias para riscos que não estão sobre o controle do governo, como o risco de demanda futura por serviços públicos prestados. Quando o abandono é considerado, a garantia torna-se significativa para os credores porque reduz o risco de inadimplência. Garvin and Cheah (2004), apresentam o uso de um método de avaliação para medir o valor da opção de diferimento de um projeto de rodovia com pedágio. Rakić and Rađenović (2014), avaliaram a opção de abandono em rodovias com pedágio BOT. Seus resultados sugeriram que o valor do projeto com a opção de desistência nos EUA é maior do que na Europa.

Além dos quatro tipos de subsídios analisados até agora, é importante ressaltar que existem outros tipos de incentivos implementados nos contratos e projetos de parceria público-privada. Além dos subsídios em dinheiro, Iyer and Sagheer (2011), indicam que os principais tipos de apoios governamentais são: garantias mínimas de tráfego (MTG), pedágios sombra, garantias cambiais, concessões e empréstimos subordinados, extensões de concessão e garantia de receita mínima (MRG). De acordo com Attarzadeh et al. (2017), estes apoios se podem dividir em duas categorias. Primeiro como apoio à garantia (taxa de câmbio, demanda mínima, receita mínima, tarifa / pedágio e garantias de taxa máxima de juros). Segundo, como suporte financeiro e de incentivos (contribuições diretas de capital, pedágio / tarifa sombra, extensão do período de concessão, redução do custo inicial, uso gratuito do local do projeto e instalações associadas, incentivos fiscais preferenciais, financiamento sem juros e outras opções (adiar, abandonar, expandir e crescer).

- **Pedágio sombra** é um pagamento contratual feito por um governo, por motorista que usa uma estrada para uma empresa privada que opera uma estrada, construída ou mantida, usando iniciativa de financiamento privado. Os pagamentos são baseados, pelo menos em parte, no número de veículos que usam um trecho de estrada, geralmente por um período de 20 a 30 anos. Alguns exemplos implementados em diferentes países de Europa destes tipos de incentivos são: A1 Darrington para Dishforth e A417 Gloucester para Cirencester (Reino Unido), A605 / E25 Túnel (Bélgica), VT4 / E75 Järvenpää-Lahti (Finlândia), A9 Wijkertunnel (Países Baixos) e Madrid M-45 Road (Espanha).

Possui *desvantagem* nos custos de transação que podem ser muito elevados devido às dificuldades em torno das disposições jurídicas e à necessidade de contagens contínuas de veículos. O governo português eliminou os pedágios sombras em 2004 após constatar que as obrigações de pagamento relacionadas não eram compatíveis com a necessidade de despesas e com a melhoria e manutenção das restantes autoestradas nacionais.

- **Garantia cambial** é conferida ao portador de título cambial (letra de câmbio, duplicata), por terceiro, estranho ao título, através de um aval. Proposta de mecanismo de cobertura cambial a ser oferecido no âmbito de parcerias público-privadas, que disponibiliza aos investidores uma opção de proteção contra a variação cambial real. Este mecanismo é interpretado como uma garantia, uma vez que assume valores em função da variação da taxa de câmbio.

Barros (2018) apresenta as principais informações do Aeroporto Internacional de Florianópolis - Hercílio Luz e de seu edital de concessão e buscam explicar o modelo proposto para a avaliação das garantias cambiais. Assim, é esclarecido o funcionamento do mecanismo de cobertura cambial, é feita uma análise histórica da taxa de câmbio R\$/US\$ e, por fim, são apresentados os dois modelos de estimação aplicados a este estudo, uns deles o GARCH-M. (de Infraestrutura, 2018). Este tipo de subsídio foi outorgado para diferentes projetos em distintas partes do mundo. Na Espanha (1960-1970) se desenvolveu um programa de concessão de rodovias onde até 45% do valor do projeto poderia ser financiado em moeda estrangeira e a cobertura total era sobre a variação cambial real. Pelo contrário na Malásia (1980) o projeto de Malaysia, North-South

Expressway teve uma cobertura total do valor através de empréstimos a compensar. Também, Coreia do Sul (1990) levou a cabo um programa de concessão de rodovia com uma cobertura sobre a metade do valor que exceder o percentual de 20% de variação cambial real. No mesmo ano, no Chile se fez também um programa de concessão de rodovias com cobertura total do valor que exceder o percentual de 10% de variação cambial; e na Colômbia, por outra parte, o desenvolveu nas áreas de transporte, telecomunicações e energia, onde foram feitos modelos diferentes em cada um dos projetos. Por último, no Brasil (2000) levou a cabo a operação da Linha 4 do metro de São Paulo com uma cobertura sobre metade do valor apurado de impacto cambial (variação cambial).

- **Concessões e empréstimos subordinados** são empréstimos secundários que são pagos depois que todas as primeiras garantias foram pagas em caso de inadimplência. Por serem secundários, muitas vezes têm taxas de juros mais altas para compensar o maior risco assumido pelo credor subordinado em comparação com os credores primários. Em caso de inadimplência ou falência, os empréstimos subordinados só são pagos após o pagamento total de todos os empréstimos primários. Os credores que oferecem empréstimos subordinados entendem que isso é inerentemente mais arriscado, então geralmente cobram uma taxa de juros mais alta. Essa subordinação de empréstimo é frequentemente detalhada em um acordo ou cláusula de subordinação. O objetivo de um contrato de subordinação em uma hipoteca é proteger o credor principal da casa, geralmente a instituição financeira que detém a primeira hipoteca. Essa instituição será a que mais perderá em caso de execução hipotecária. A cláusula de subordinação simplesmente garante que o primeiro titular da hipoteca será pago em primeiro lugar se a casa entrar em execução hipotecária. O nome alternativo: dívida júnior.

Uma **vantagem** dos empréstimos subordinados é que são secundários a quaisquer empréstimos primários, o que significa que só são pagos após o empréstimo principal em caso de inadimplência. Geralmente têm taxas de juros mais altas do que os empréstimos primários.

- **Garantia de taxa de câmbio:** incentivo oferecido pelo governo como forma de contrastar a flutuação cambial das taxas de câmbio das moedas

nos projetos de associação público-privada, fazendo uma trava na taxa cambial para cobrir e assim diminuir o risco e atrair o investidor privado.

- **Garantia de tarifa / pedágio e taxa de juros máxima:** garantias oferecidas pela volatilidade e risco de variação das tarifas de pedágio dependente da demanda.
- **Extensão do período de concessão:** forma de flexibilidade oferecida pelo governo ao investidor para continuar o projeto e estender o período de concessão estabelecido no contrato, no caso que seja de interesse, sem ter consequências.
- **Least Present Value of Revenues (LPVR):** no leilão de menor valor presente de receita se pode considerar viável na avaliação dos riscos dos projetos de infraestrutura. Com a introdução do mecanismo de concessão a prazo variável implementado em leilão LPVR, o contrato é atribuído ao licitante que oferecer o menor valor presente das receitas esperadas. O governo especifica o pedágio para cada estado de demanda antes da licitação. A duração do contrato é determinada endogenamente, uma vez que o contrato explicita que a concessão continua em vigor até que a empresa recupere a sua oferta. Desta forma, o leilão LPVR garante a totalidade do licitante vencedor, o que afiança uma distribuição eficiente do risco. O desenho do leilão pode mitigar os incentivos para escolher a dívida estrategicamente e para minimizar a prevalência de renegociação (Menezes & Ryan, 2015). O contrato ótimo é aquele em que a empresa cobra pedágios até que o valor presente da receita seja igual ao investimento inicial. Após este tempo, a estrada volta ao Estado. Portanto, a empresa não corre nenhum risco, pedágios de congestionamento são cobrados em todos os estados de demanda, a franquia dura mais quando a demanda é baixa e a restrição de autofinanciamento não é vinculativa (Engel, Fischer, & Galetovic, 2001).

O estudo do mecanismo de leilão de menor valor presente de receita (LPVR) tem se diversificado e se estendido ao longo do tempo em diferentes países como Portugal, Chile e Colômbia, só para mencionar alguns. Vários são os estudos que abordam o assunto sobre diferentes perspectivas. Rouhani, Geddes, Do, Gao, and Beheshtian (2018), consideram que a flexibilidade do LPVR mitiga e diversifica os riscos potenciais de insolvência e financiamento da demanda de tráfego. Por outro

lado, se a concessão atrasar ou as receitas de tráfego forem insuficientes, o governo poderia evitar renegociações com a concessionária, uma vez que o tempo para obter o reembolso integral é flexível. Da mesma forma Albalade, Bel, Bel-Piñana, and Geddes (2015), apreciam que o LPVR pode não apenas reduzir a probabilidade de renegociações de termos flexíveis, mas também pode reduzir os custos de transação, dar transparência nas obrigações financeiras e permitir o uso de pedágios variáveis (dinâmicos) necessários para a gestão do congestionamento. Vassallo (2010) , sugeriu a possibilidade de utilização de contratos de concessão de curto prazo de duração fixa outorgados sobre a abordagem LPVR, porque uma vez vencido o contrato, o governo paga à concessionária a diferença entre o LPVR solicitado e o LPVR obtido ao final do contrato. Algumas tentativas foram feitas também em mecanismos de leilão de estradas Build Operate Transfer (BOT). Engel et al. (2001), propôs um novo mecanismo de leilão para franquia de rodovias com base no menor valor presente da receita, e descobriu que o mecanismo resolveria a maldição dos vencedores e suprimiria o oportunismo ex-post do regulador e da concessionária, bem como comportamentos oportunistas de sub-licitação deliberada e renegociação de contratos. Vassallo (2010), avaliou o efeito da taxa de desconto estabelecida pelo governo nos editais de licitação na alocação do risco de tráfego e revelou que quanto menor a taxa de desconto, maior será o risco de tráfego alocado à concessionária.

Pode ser visto como um contrato em que a renegociação ocorre continuamente na frente de uma parte ou outra dependendo do nível de demanda. No entanto, o plano não garante integralmente a viabilidade financeira do empreendimento, uma vez que o nível de receita pode ser insuficiente. Jazia (2017), propõe combinar o esquema LPVR padrão com uma garantia de receita mínima americana para aumentar a bancarização do projeto e reduzir a possibilidade de não cobrança do valor da receita descontada acordada. Liu, Liu, and Yan (2020), levantam que quando o mecanismo LPVR é adotado na aquisição competitiva de PPPs, o problema de otimização multi-objetivo destes projetos apresenta assimetria em níveis objetivos, variáveis de controle e ordens de ação. No oposto de C. Kumar (2018) que compara esse método para a configuração de PPP indiana com a ajuda de simulações de Monte Carlo, criando vários tipos de cenários da vida real. Mostra que à medida que as expectativas do contrato aumentam, o método começa a fornecer melhores resultados com uma certeza razoavelmente alta.

3. Sistema de trânsito rápido de ônibus (BRT)

O Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), define o BRT como um sistema de trânsito baseado em ônibus de alta qualidade que oferece mobilidade urbana rápida, confortável e econômica por meio do fornecimento de infraestrutura de transporte com operações de passagem, rápidas e frequentes e excelência em marketing e atendimento ao cliente (Cervero & Dai, 2014). Da mesma forma, é considerado um sistema de transporte rodoviário de alta qualidade que oferece serviços rápidos com capacidade de nível de metrô. Isso é feito por meio do fornecimento de corredores exclusivos, com faixas de ônibus icônicas e estações geralmente alinhadas com o centro da estrada, cobrança de tarifas off-board e operações rápidas e frequentes (Basso, Feres, & Silva, 2019).

De acordo com a Administração Federal de Trânsito (AFT), é um sistema de trânsito que pode incluir prioridade de semáforos, plataformas elevadas e estações melhoradas (V. Perk, Catalá, Mantius, & Corcoran, 2017). O consideram um sistema de tráfego de ônibus bastante complexo, porque envolve a circulação de ônibus em ônibus especialmente designados e, muitas vezes, em faixas de tráfego cercadas (Sakhno et al., 2019). Algumas das definições possíveis estão relacionadas ao seu desempenho e modo de operação como parte de um sistema de transporte público, conforme descrito em Dantas, Dantas, Melo, Maciel, and Alves (2018) considerando que o veículo percorre uma única rota entre um conjunto de estações, tendo como ponto de partida uma estação central e o destino do veículo como estação final (Dantas et al., 2021). Também emula essencialmente o desempenho e as comodidades de um sistema de transporte ferroviário moderno, mas por uma fração do custo (Hensher & Golob, 2008).

Até a denominação ou nome pode variar de acordo com o continente ou região, mas o conceito básico é o mesmo. No continente latino-americano, denominado Bus Rapid Transit, pode ser definido como uma via de trânsito flexível e pneumática que combina estações, veículos, serviços, estradas e tecnologias de informação em um sistema integrado com forte identidade (Program & Levinson, 2003). Por outro lado, na Europa, as cidades têm adotado o conceito de Bus with

High Level Service, BHLS ao invés de BRT, para identificar sistemas para melhorar o desempenho dos serviços de transporte público de ônibus (Heddebaut, Finn, Rabuel, & Rambaud, 2010). Oferece ao passageiro um nível de desempenho e conforto muito bom, como um sistema baseado em trem, do terminal à estação, e durante a viagem. A abordagem do sistema em infraestrutura, veículos e ferramentas operacionais têm objetivos permanentes de acordo com a rede de mobilidade e a cidade em contexto (Hidalgo & Muñoz, 2014). BRT e BHLS são uma evolução das medidas prioritárias de ônibus como faixas de ônibus designadas. Se o BHLS pode ser aplicável apenas às condições europeias está sujeito a debate, já que os princípios por trás dele parecem ser universais. O BHLS pode ser colocado como uma aplicação intermediária, entre ônibus regulares e BRT de alto desempenho (Hidalgo & Gutiérrez, 2013)

O termo BRT se originou na América do Norte e é cada vez mais usado em outros lugares. O mesmo conceito é expresso por diferentes nomes em vários territórios, segundo Babilotte and Rambaud (2005) e Wright and Hook (2007), incluindo: sistemas de ônibus de alta capacidade, sistemas de ônibus de alta qualidade, metro-bus, metro de superfície, sistemas de ônibus expresso e sistemas de vias de ônibus (Deng & Nelson, 2011).

O BRT é avaliado como um modo de transporte rápido que pode combinar a qualidade do tráfego ferroviário e a flexibilidade dos ônibus. Uma definição mais detalhada, é que são determinados como um modo de trânsito que combina serviços e elementos do sistema de transporte inteligente (ITS) em um sistema integrado com uma forte imagem e identidade positiva. Os aplicativos são projetados para serem apropriados para o mercado que atendem e seu ambiente físico, e podem ser implantados de forma incremental em uma variedade de ambientes. Em geral, é um sistema permanentemente integrado de instalações que, em conjunto, melhoram a velocidade, confiabilidade e identidade do trânsito de ônibus (Levinson, Zimmerman, Clinger, & Rutherford, 2002).

3.1 Características

Bus Rapid Transit (BRT) significa transformar o ônibus, o mais humilde dos meios de transporte público, em uma alternativa de viagem verdadeiramente atraente (Currie & Delbosc, 2011). Assim, ao integrar catering, serviços e

amenidades, pelo menos em teoria, para as carências dos ônibus convencionais, o BRT pode ser competitivo para os veículos voltados para a mobilidade, na medida em que pode redefinir a própria identidade de uma cidade (Nikitas, Kougias, Alyavina, & Njoya Tchouamou, 2017). Desempenha um papel fundamental no futuro, fornecendo uma forma econômica de transporte público. Vêm em vários formatos e graus para imitar a alta capacidade e alto desempenho das características da trilha urbana a um preço muito inferior (Cervero & Dai, 2014). A estrutura espacial é voltada para alcançar uma maior integração entre os passageiros, garantindo, por exemplo, a acessibilidade para pessoas com capacidades diferentes (Rojas, 2017).

No sistema de transporte público, um ônibus rodoviário viável de alto nível com qualidade semelhante ao sistema ferroviário é implementado para melhorar a eficácia da operação. Comumente, os principais determinantes incluem um método de identidade ou marca que possuem custo, complexidade e impacto diferente no desempenho geral da empresa (Mavi, Zarbakhshnia, & Khazraei, 2018). Um desafio no cronograma de operação é como fornecer o suposto serviço com o menor custo possível (Chen, Hellings, Chang, & Fu, 2015). A característica mais básica do BRT é o serviço de ônibus operado com base em paradas limitadas. Geralmente incorporam o uso de tecnologias de informação e comunicação, como rastreamento de ônibus via GPS (sistema de posicionamento global), smart cards, sinalização prioritária e display eletrônico de horário de chegada e em pontos de ônibus. A introdução do sistema é baseada nas características físicas de um corredor, na estimativa da demanda atual e futura de passageiros e na capacidade financeira da comunidade em momentos específicos (Wirasinghe et al., 2013).

Combinar o transporte de linha e as partes das viagens com distribuição de caminhões em um único veículo torna o BRT particularmente adequado para cidades menores e de baixa densidade, uma observação feita por Meyer, Kain, and Wohl (2013). Até o momento, esses sistemas em todo o mundo têm lutado para intensificar o desenvolvimento da terra e alterar ou remodelar fundamentalmente as cidades que servem. Da mesma forma, tem se mostrado uma opção de transporte eficiente e acessível para grandes cidades, desempenhando um papel fundamental em redes multimodais complexas com vários corredores de transporte (Cervero, 2013). A duração da viagem, os padrões de demanda, a infraestrutura da rede viária e a intermodalidade são bastante diferentes em cidades grandes e médias (Kline &

Forbes, 2012). Cidades médias também são menos complexas e permitem análises mais simples do que cidades maiores (Proboste, Muñoz, & Gschwender, 2020). Muitas localidades os implementaram como uma forma de transporte de massa, outras planejam fazê-lo como um meio de melhorar o transporte público e lidar com os crescentes problemas. Uma melhor integração de vários modos pode fornecer conveniência para os usuários do transporte público, enquanto os serviços alimentadores são cruciais para maximizar os benefícios do transporte público (M. S.-U. Rahman, Timms, & Montgomery, 2012)

Da mesma forma, este sistema pode ser entendido como uma combinação sistemática de infraestrutura visando proporcionar uma experiência de qualidade superior às operações de viagem em um ônibus de rota tradicional. Essa combinação depende do mercado local, do ambiente físico e operacional da aplicação, bem como dos recursos disponíveis (Dantas et al., 2021) (Levinson et al., 2002). Facilita o desenvolvimento econômico e reduz a autossuficiência e suas consequências associadas (Wu, Cao, & Ding, 2020) (Cao, Cao, Zhang, & Huang, 2016)

Basso et al. (2019), mostram que a implantação é sempre eficiente na medida em que diminui o custo social total. Manifestam numericamente que, se a capacidade não for perfeitamente divisível, na maioria dos casos é eficiente. Além disso, o custo dos usuários e o custo do transporte público diminuem. Comparado a um horário ideal quando os ônibus circulam em tráfego misto, com um BRT, o sistema de transporte tem menos horas de operação dos ônibus e o período de pico, tem maior frequência e, mais atrasos no embarque. O segundo ponto implica que, embora para um determinado nível de demanda possa ser ótimo não fornece nenhum serviço de transporte público com tráfego misto, com um BRT, pode valer a pena. O terceiro ponto revela que atrasos no embarque não são necessariamente uma manifestação de más operações.

De acordo com Weinstock, Hook, Replogle, and Cruz (2011) melhora a mobilidade urbana, além de trazer benefícios e oportunidades econômicas para o desenvolvimento territorial das cidades por poder ser implementado rapidamente em curtos períodos de tempo (Zhang & Yen, 2020). Para Hidalgo and Gutiérrez (2013) a maioria dos sistemas tem mostrado um melhor desempenho do que as operações de ônibus, em termos de demanda de passageiros, satisfação do usuário, tempo de viagem, confiabilidade e externalidades como a redução de poluentes

atmosféricos e emissões de carbono e choques e ambientes urbanos melhorados (Hinebaugh, 2009). Rodríguez and Mojica (2009), afirma que depende de melhorias coordenadas em tecnologia, infraestrutura e equipamentos para fornecer tratamento de alta qualidade para ônibus.

O sucesso do BRT se deve em parte à lucratividade e flexibilidade relativa dos investimentos necessários. Frequentemente, podem lidar com tantos passageiros quanto a maioria dos sistemas ferroviários leves convencionais por uma fração do custo. Também se comparam aos sistemas ferroviários pesados, exceto quando a demanda de passageiros excede 35.000 a 40.000 passageiros por hora por direção em uma linha, um ponto no qual os níveis de serviço se deterioram. No entanto, como sistemas ferroviários, a lucratividade depende da capacidade de ter usos do solo de apoio que concentre a demanda ao longo dos corredores do sistema. Portanto, na maioria dos casos, foram construídos em corredores com demanda comprovada (Merkert, Mulley, & Hakim, 2017).

Um sistema BRT inclui a integração de sete características de serviços: tipo de rota, estações, veículos, forma de cobrança das taxas, sistemas inteligentes de transporte, planos de prestação de serviços e marca única. Importante observar que, para ser considerado BRT, o serviço deve incorporar alguma forma de cada um desses sete elementos. Serviços típicos de paradas limitadas ou serviços de ônibus expresso não são considerados BRT (V. Perk et al., 2017). Segundo Diaz and Schneck (2000) o conhecimento profundo das características-chave dos diferentes elementos que o compõem é crucial para planejadores, designers e desenvolvedores. Avaliações anteriores mostram que são ecologicamente corretos e que o congestionamento nos principais corredores da cidade diminuiu, principalmente no que se refere a veículos pesados (Cruz-Daraviña et al., 2021).

3.2 Elementos ou Componentes

3.2.1 Veículos

Os veículos são os principais elementos da tecnologia BRT, e a qualidade do veículo transmite identidade e imagem ao sistema. Podem ser configurados em relação ao número e largura das portas, layout interno e elevação do piso. Segundo Vuchic (2007), em um veículo as funções apresentadas a seguir são necessárias e eficazes para melhorar a qualidade do serviço.

- **Tamanho do veículo e estrutura da carroceria:** tem um efeito substancial no custo da infraestrutura (Caicedo, Ocampo, & Sanchez-Silva, 2012). No caso dos sistemas BRT, o comprimento do veículo não é fixo e depende do nível de passageiros e de sua variação ao longo do dia. O tipo de ônibus pode variar de convencional padrão a veículos articulados e / ou biarticulados de tamanho normal.
- **Portas:** o aumento do número de portas largas para subir e descer reduz o tempo de serviço e permanência dos ônibus. Embora as portas mais largas possam acomodar vários fluxos de entrada e saída, várias portas também resultam em uma melhor distribuição dos passageiros dentro do veículo e reduzem o tempo gasto para ir / voltar de um assento de / para uma porta. (Zimmerman & Levinson, 2004).
- **Design de interiores de ônibus:** é um dos fatores mais influentes relacionados aos veículos para a capacidade geral de um sistema. Os veículos com assentos e corredores espaçosos oferecem o máximo de conforto, mas resultam um veículo com maiores custos de compra e operação e menor capacidade de assentos. Segundo Wright (2005), a quantidade de espaço dedicado às áreas de sentar e ficar em pé deve ser baseada no fluxo esperado de passageiros e na duração das viagens, especialmente levando em consideração os picos de demanda.
- **Elevação do piso:** a altura do piso dos veículos pode ser de três tipos: piso 100% baixo, térreo parcial (geralmente em torno de 70%) e andar superior. Os ônibus de piso baixo costumam ser usados para facilitar o embarque e o desembarque de passageiros com deficiência, crianças pequenas, idosos e mulheres grávidas. Reduz os tempos de descer e entrar no ônibus dos passageiros; no entanto, o tempo de permanência aumenta. Por estarem mais próximos do solo, esses ônibus tendem a incorrer em mais tensões mecânicas e, portanto, em maior custo de manutenção. De acordo com Diaz and Schneck (2000), os ônibus de piso alto são frequentemente usados quando a capacidade de carga máxima absoluta é necessária; entretanto, ônibus de piso alto podem aumentar substancialmente o processo de embarque e desembarque (Zimmerman & Levinson, 2004).

- **Propulsão de veículos:** os sistemas variam de ônibus movidos a diesel a novas aplicações de combustível alternativo, como energia elétrica e células de combustível. Estes últimos melhoram a imagem geral do sistema e resultam em maiores benefícios ambientais.
- **Forma e estética do veículo:** veículos com design distinto, onde as características estéticas e os esquemas de cores devem ser usados para tornar o sistema mais atraente para os usuários em potencial.
- **Wi-Fi:** o serviço pode ser fornecido a bordo de veículos e nas estações gratuitamente, por uma taxa fixa ou pré-pago. Não é um item crítico; no entanto, é um exemplo de atendimento ao cliente de alta qualidade que podem promover, como uma forma de criar apelo adicional para os clientes e ser um símbolo significativo da identidade da marca.

3.2.2 Estações

As estações são talvez o elemento mais crítico para alcançar a identidade do sistema e imagem. O acesso seguro de pedestres e automóveis às estações é fundamental para atingir as metas de número de passageiros. O design sensível ao contexto e a participação da comunidade facilitam a implementação e induzem o desenvolvimento do uso da terra voltado para o trânsito. Os sistemas bem-sucedidos são altamente dependentes da localização, espaçamento e layout de suas estações, que servem como elos entre os sistemas e seus clientes. As características das estações de BRT incluem comprimento, altura da plataforma, práticas de cobrança de tarifas e comodidades para os passageiros; o que pode variar de sistema para sistema. (Vuchic, 2007).

3.2.3 Sistemas de controle de operações

O uso de elementos de um sistema de transporte inteligente (ITS) para controlar um sistema de BRT é uma parte importante da operação. As tecnologias de controle aplicadas podem variar, dependendo do ambiente operacional, das limitações físicas da cidade, bem como das limitações orçamentárias. As aplicações das tecnologias ITS incluem Sistemas Automáticos de Localização de Veículos (AVL), sinais de ônibus especializados, sensores de sinalização e sistemas de controle para fornecer prioridade de semáforos (TSP) em cruzamentos sinalizados

e mistos para direitos de passagem. O TSP ajuda a melhorar a velocidade dos ônibus, facilita as conversões e reduz os tempos de espera para os ônibus. O uso do AVL ajuda a realizar uma análise de acompanhamento dos dados coletados do veículo ao longo do tempo, a fim de avaliar o desempenho geral do serviço e comparar o BRT programado e o tempo real de operação do veículo (Wirasinghe et al., 2013).

3.2.4 Sistemas de cobrança de tarifas

O sistema de cobrança de tarifas é outro componente importante do sistema de BRT, afetando diretamente custos, número de passageiros, tempos de embarque e receita. Têm um grande impacto nas impressões gerais dos passageiros sobre o sistema. Existem vários métodos alternativos de cobrança de tarifas como a bordo, fora de bordo, pagamento à vista, bilhetes pré-pagos, passes, tarjas magnéticas ou cartões inteligentes. Cada método tem diferentes tempos de envio, capital associado e custos operacionais. Sistemas mais eficientes, como o cartão inteligente, podem ter custos de capital mais elevados. Dentre as diferentes opções, a cobrança de taxas off-board é desejável, por ser mais conveniente para o cliente. Permite o embarque em várias portas, reduzindo o tempo de permanência nas estações e os custos operacionais dos ônibus e agilizando o fluxo de passageiros (Levinson et al., 2002). A tecnologia de cartão inteligente pode ser aplicada em múltiplos portões para ajudar a facilitar o pagamento simultâneo de tarifas a bordo e múltiplos portões de embarque sem aumentar a perda de receita (Zimmerman & Levinson, 2004).

3.2.5 Sistema de informação ao passageiro

Tecnologias de informação de passageiros eficientes, precisas e facilmente acessíveis são importantes para melhorar a facilidade geral de uso e atratividade do sistema e as percepções dos passageiros sobre a qualidade do serviço (M. S.-U. Rahman et al., 2012). Por exemplo, as informações em tempo real, especialmente as exibições de mensagens variáveis nas paradas em relação aos horários de chegada dos ônibus, influenciam significativamente as decisões dos passageiros em usar o serviço (M. Rahman, Kattan, & Wirasinghe, 2011). As principais fontes de informação que devem ser fornecidas são o roteiro e detalhes da programação, que podem ser acessados por telefone e / ou internet antes de viajar para auxiliar no

planejamento da viagem; informações em tempo real sobre as próximas chegadas de ônibus e alertas de interrupção de serviço em estações ou outros pontos antes de embarcar em um veículo; informações periódicas de localização, tempo até a próxima parada, anúncios da próxima parada e possíveis conexões de transferência durante a viagem. As telas reduzem significativamente as incertezas nos tempos de chegada em trânsito e na espera percebida (Dziekan & Vermeulen, 2006) (Wirasinghe et al., 2013).

3.2.6 Velocidade

A velocidade de uma linha de BRT é influenciada pelo espaçamento entre paradas, medições de TSP e design de direito de passagem. O espaçamento das paradas tem um impacto mensurável no desempenho, velocidade e tempo de viagem do passageiro. Como um sistema de BRT concentra os passageiros nas paradas, tendem a viajar distâncias mais longas do que os passageiros dos ônibus convencionais. Os veículos param e encontram atrasos em menos lugares ao longo da rota e as velocidades médias de viagem são mantidas mais altas. As tecnologias TSP implementadas podem ser usadas para estender ou promover a ecologia do tempo ou mudar a conversão à esquerda para permitir que os ônibus atrasados voltem ao horário, melhorando o cumprimento do horário, a confiabilidade e a velocidade.

3.2.7 Capacidade

Existem três elementos-chave que determinam a capacidade: capacidade de veículos (passageiros); capacidade da estação (veículos e passageiros); e capacidade rodoviária (veículo). A capacidade de passageiros se refere ao número máximo de passageiros sentados e em pé (capacidade em passageiros por hora por sentido) que um sistema pode acomodar com segurança e conforto. A capacidade do veículo é expressa como o número máximo de veículos de trânsito (capacidade em veículos por hora por direção) que pode mover além de um ponto. As limitações de qualquer um desses itens restringem o desempenho geral. Os parâmetros que afetam incluem: disponibilidade do serviço (taxa de despacho, avanço e cobertura), nível de conforto (densidade de pés), tempo de viagem e confiabilidade (Thilakaratne, Wirasinghe, & Hubbell, 2011).

3.2.8 Confiabilidade

Existem muitos recursos que podem melhorar a confiabilidade do BRT. Os três principais aspectos da confiabilidade são: a confiabilidade do tempo de operação (capacidade de manter tempos de viagem consistentes), a confiabilidade do tempo gasto na estação (capacidade dos usuários de embarcar e desembarcar dentro de um quadro de tempo estabelecido) e confiabilidade do serviço (disponibilidade de um serviço consistente). Os dois primeiros aspectos estão relacionados à capacidade do sistema de cumprir um cronograma ou tempo de viagem de forma consistente, enquanto terceiro captura as características do sistema que contribuem para a percepção dos passageiros sobre a disponibilidade e confiabilidade do veículo. (Deng & Nelson, 2011)

Além dos fatores acima, ainda pode haver grandes variações na confiabilidade geral, já que o serviço de BRT (como outros modos de trânsito) pode ser afetado por fontes externas de incerteza, como condições de tráfego, quebras de veículos devido a imprevistos mecânicos ou problemas de semáforos, extensão da rota, tempos de recuperação integrados nos horários das rotas, número de paradas, uniformidade da demanda de passageiros e frequência de solicitação de uso de elevadores / rampas para cadeiras de rodas, se houver disponibilidade presente . Pode ser melhorada fazendo algumas das paradas em determinados momentos (Wirasinghe et al., 2013).

3.2.9 Acessibilidade e segurança

A acessibilidade aos veículos e a circulação dentro dos veículos são regidas por várias características, que podem ter um impacto significativo no tempo de permanência, capacidade, conforto dos passageiros e aceitação pela comunidade e usuários. Essas distinções são: a disposição dos assentos (o aumento da largura do corredor dentro do veículo aumenta a capacidade do veículo em pé, além de proporcionar espaço adicional para a movimentação dos passageiros), os canais das portas (facilitam o processo de embarque por permitir várias filas de passageiros para entrar no veículo) e melhor restrição de cadeiras de rodas (reduz o tempo de segurança das cadeiras de rodas durante a operação de ônibus).

Em geral, os sistemas de BRT apresentam altos níveis de segurança e proteção, como resultado de um alto nível de serviços e frequências que reduzem a vulnerabilidade percebida nas estações, servidões de passagem separadas (funciona em faixas exclusivas) que reduzem perigos e conflitos. Além conta com veículos com pisos baixos que diminuem os riscos de tropeções, cobrança eletrônica de tarifas que limita a vulnerabilidade dos passageiros durante transações em dinheiro e tecnologias avançadas de câmeras que facilitam o gerenciamento ativo do sistema, impedindo o crime e permitindo respostas a incidentes (Vuchic, 2007).

3.3 Tipos de BRT

Em um BRT fechado as operações dentro e fora do corredor são separadas. Isso permite a atribuição de diferentes tipos de ônibus aos dois tipos de serviço. Os ônibus que operam dentro do corredor, já que o serviço troncal é maior do que operam nos serviços de alimentação. Os ônibus alimentadores não podem entrar no corredor, as estações de transferência são necessárias para permitir que os usuários passem de um serviço para outro; nesse sentido, é semelhante a uma linha do Metrô. Este esquema também é referido na literatura como uma configuração de tronco e alimentador, e têm pequenos custos de agência (Proboste et al., 2020).

Em um BRT aberto os ônibus que operam fora do corredor também atendem ao longo do corredor, entrando e saindo em diferentes pontos em direção ao distrito comercial central (CBD). Portanto, a necessidade de transferência dos usuários para chegar aos seus destinos é menor do que em um BRT fechado. Quando o CBD não está no meio do corredor, o BRT aberto tem mais linhas do que o BRT fechado para cobertura espacial idêntica, apresentando pequenos custos sociais (Proboste et al., 2020).

3.4 Tecnologia

As tecnologias comerciais atuais incluem diesel convencional, gás natural comprimido, gás natural liquefeito, elétrico (trólebus) e acionamentos elétricos híbridos. As tecnologias de protótipo incluem híbridos hidráulicos, baterias elétricas e ônibus movidos a hidrogênio. A eficiência energética e a redução de emissões, tanto de poluentes atmosféricos locais quanto de gases de efeito estufa, são as principais preocupações no desenvolvimento de tecnologias de propulsão

(Hidalgo & Muñoz, 2014). As tecnologias da informação são essenciais como meio de melhorar a qualidade do serviço prestado aos usuários. As tecnologias avançadas estão ajudando no seu desempenho, confiabilidade, conforto, segurança e meio ambiente. As seleções dos diferentes componentes de tecnologia respondem às necessidades de serviço e são adaptadas às restrições locais (B Finn et al. (2011); Levinson et al. (2003) e Hidalgo and Muñoz (2014)).

3.5 Desempenho

O ônibus convencional é frequentemente considerado um meio de transporte lento, não confiável e de baixa qualidade. O advento do BRT melhorou a imagem e o desempenho geral (velocidade, capacidade, confiabilidade e conforto) dos serviços de ônibus. Os estudos de caso resumidos por Levinson et al. (2003) mostraram que podem reduzir significativamente o tempo de viagem, aumentar o número de passageiros, fornecer capacidade suficiente e induzir o desenvolvimento voltado para o transporte público. Jarzab, Lightbody, and Maeda (2002), argumentaram que o desempenho é medido por três atributos principais: velocidade de viagem, confiabilidade e volume de passageiros. Os custos gerais de capital e operacionais são mais baixos e oferecem uma boa relação custo-benefício. Hensher and Golob (2008), argumentaram que apresentam a capacidade de oferecer um sistema de transporte público de alta qualidade, mas impõem menos bônus ao subsídio.

3.6 Impacto de Sustentabilidade Ambiental

Em relação aos aspectos funcionais do desenvolvimento sustentável, econômico e social, Rogat (2009) destaca que os sistemas BRT não envolvem apenas medidas de redução de emissões de gases poluentes, mas que esses projetos constituem um amplo programa de organização da cidade. A sua implementação contribui não só para melhorar a mobilidade nas áreas urbanas, mas também representa mudanças importantes em termos de alterações nos padrões de uso do solo, revitalização de áreas degradadas e reorganização geral do espaço público (Rojas, 2017). Estes sistemas são propostos como uma verdadeira contribuição para a redução dos impactos ambientais negativos, dada a possibilidade de substituição das unidades mais poluentes pelos anos de utilização e a sua tecnologia obsoleta,

por outras de maior capacidade, articuladas ou biarticuladas, que têm motores de tecnologias mais avançadas.

3.6.1 Eletromobilidade como mecanismo de transformação

A crescente preocupação com os problemas ambientais passou a ser uma alternativa de mobilidade urbana e transporte público (Sebastiani, Lüders, & Fonseca, 2016). Os veículos ônibus totalmente elétricos combinam as vantagens de baixo custo e versatilidade para definir rotas e integrar diferentes fabricantes de ônibus em um BRT com energia limpa (Choi, Jeong, & Jeong, 2012). No entanto, a operação deste novo sistema é bastante desafiadora, pois depende de um bom planejamento, mitigação de riscos para que não influencie a relação público-privada e desenvolvimento da iniciativa e uma previsão da demanda de passageiros para obter um funcionamento eficiente do sistema para satisfação do usuário (Chao & Xiaohong, 2013).

O futuro da eletromobilidade está relacionado ao grau de penetração das fontes de energia renováveis nos sistemas de energia do futuro. Dessa forma, se as fontes de energia utilizadas para produzir a eletricidade que abastece os veículos elétricos forem misturadas, as emissões de gases de efeito estufa serão baixas ou até nulas, levando à sua redução com pequenas ações. Atualmente, o portfólio de energia da maioria dos países é dominado por usinas baseadas em combustíveis fósseis (linhita, carvão, petróleo, gás natural), tornando difícil a mudança para veículos elétricos (Millo, Rolando, Fuso, & Mallamo, 2014). O destino da economia do petróleo, que depende de frotas de veículos de combustível convencional, é insustentável e limitado. Ao contrário, a eletrificação do setor de transportes parece ser uma das soluções viáveis para desafios como as mudanças climáticas globais, segurança energética e preocupações geopolíticas sobre a disponibilidade de combustíveis fósseis (Mwasilu, Justo, Kim, Do, & Jung, 2014). Portanto, os veículos elétricos podem desempenhar um papel crítico em como as cidades inteligentes se tornam mais eficientes (Helmerts & Marx, 2012) (Heinicke & Wagenhaus, 2015).

Os veículos ônibus elétricos funcionam com energia elétrica por meio de baterias internas que devem ser recarregadas periodicamente. Em geral, têm menos autonomia em relação aos ônibus a diesel. Portanto, a substituição dos ônibus

convencionais por elétricos requer estações de recarga em pontos intermediários das rotas. O problema é encontrar soluções com um bom equilíbrio entre o número mínimo de estações de carregamento instaladas e o tempo adicional nas paradas de ônibus para carregar baterias (Chao & Xiaohong, 2013) (Sebastiani et al., 2016). São uma contribuição importante para o futuro da mobilidade, pois podem superar as desvantagens existentes dos ônibus convencionais que usam combustíveis fósseis e apoiar o impulso para uma mudança modal no transporte público (Kühne, 2010). As frotas de ônibus elétricos podem ser livres de emissões, integradas a uma infraestrutura existente, ecologicamente correta e amigável ao cliente, mas de acordo com, devido à sua tecnologia cara, os custos do ciclo de vida podem ser muito mais altos em comparação com ônibus a diesel ou híbridos (Lajunen, 2018). A inovação em ônibus elétricos poderia ser apoiada pela adoção de novas estratégias de gestão de risco, estruturas institucionais e modelos de negócios que vão além das medidas tradicionais, como subsídios (Nikitas et al., 2017).

3.7 Impacto econômico

Um dos benefícios significativos do BRT é sua influência positiva de longo prazo, desenvolvimento de terras de alta densidade e políticas de uso misto. Essas políticas de desenvolvimento, se devidamente apoiadas por políticas de transporte, influenciam as mudanças nas decisões de localização de residências e negócios, resultando no aumento do valor da terra e melhor acessibilidade a empregos e outras oportunidades. A implementação do sistema mostrou ter impactos positivos no desenvolvimento de propriedades em Bogotá, Colômbia (Rodríguez & Mojica, 2009), Seul e Coreia (Cervero & Kang, 2011).

3.7.1 Desenvolvimento das terras

Como um modo relativamente novo de transporte de massa, o impacto do BRT no desenvolvimento da terra permanece em grande parte inexplorado. Devido ao espaço físico e recursos limitados, pode ser implementado em fases, oferecendo uma boa oportunidade para mostrar o progresso inicial com um pequeno investimento de capital. Essa flexibilidade também permite que seja implantado em uma ampla variedade de ambientes (RODRÍGUEZ** & Targa, 2004). Embora a acessibilidade melhorada possa ser um catalisador para o incremento potencial, a

vantagem da acessibilidade perto das estações de trânsito é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento da terra.

3.8 Impacto Social

Um sistema de BRT também pode resultar em melhorias nos benefícios de segurança do tráfego, que são atribuídas ao número reduzido de veículos particulares como resultado da alta transferência modal e do uso de faixas exclusivas para ônibus, o que reduz os conflitos entre ônibus e outros veículos. Os benefícios de tempos de viagem mais curtos, maior mobilidade e mais opções de meios de transporte também são indicadores de melhor acessibilidade a empregos e outras oportunidades de serviço. A implantação do sistema se traduz em uma melhoria da equidade social, devido aos seus benefícios indiretos para um amplo espectro de usuários; que se beneficiam de um serviço aprimorado (Deng & Nelson, 2011).

3.9 Processo de planejamento

Os tomadores de decisão e a comunidade em geral devem entender a natureza do BRT e seus benefícios potenciais durante o processo de planejamento, e não apenas presumindo-o como um serviço de ônibus adicional. Desempenho potencial, apelo do cliente e do desenvolvedor, flexibilidade operacional, capacidades e custos devem ser claramente identificados na análise de alternativas. Consequentemente, o desenvolvimento do sistema de BRT deve ser o resultado de um processo de planejamento e desenvolvimento de projeto que enfatize a solução de problemas e atenda às necessidades demonstradas, ao invés de advogar por uma solução particular. A implementação bem-sucedida geralmente requer a participação de mais do que apenas operadores ou implementadores de trânsito. Todas as partes interessadas em potencial devem ser uma parte formal do processo de planejamento (Levinson et al., 2002).

3.10 Comparação com outros meios de transporte

O sistema de BRT contém características semelhantes a um metrô ou sistema ferroviário leve, porque é muito mais confiável, conveniente e rápido do que os serviços regulares de ônibus. Com os recursos certos, pode evitar as causas de

atrasos que costumam atrasar os serviços regulares de ônibus, como ficar preso no trânsito e fazer fila para pagar a bordo (Basso et al., 2019). As estações são projetadas de acordo com o padrão de trânsito ferroviário, com uma variedade de comodidades, como sistema de informação aos passageiros, abrigos, iluminação aprimorada e segurança (Cao et al., 2016). Compartilham a infraestrutura operacional com os sistemas de Light Rail Transit (LRT) sem perda de desempenho para nenhum dos dois, enquanto outros permitem o acesso de serviços de ônibus convencionais a certas seções principais da infraestrutura de BRT para facilitar a interconexão e melhorar o desempenho (Deng & Nelson, 2011). São geralmente mais baratos de construir e operar do que os sistemas de transporte ferroviário leve, embora quanto mais se assemelhe a um sistema ferroviário, maiores serão os custos (V. Perk et al., 2017).

3.10.1 Diferenças entre o sistema BRT e o sistema de ônibus convencional

Um sistema BRT em pleno funcionamento, é superior em todas as facetas de suas atividades a um sistema de ônibus convencional e, portanto, não deve ser mal interpretado como um. De acordo com Nikitas and Karlsson (2015), consiste nos seguintes elementos: veículos de última geração, incluindo em alguns casos ônibus massivos biarticulados, que caracterizam a imagem e identidade, mas também exercem de acordo com Zimmerman and Levinson (2004) um papel importante para alcançar o sucesso de desempenho: paradas, estações, terminais e corredores próximos aos padrões de infraestrutura do tipo ferroviário. Variedade de direitos de passagem, incluindo faixas exclusivas em ruas de tráfego misto, ônibus completamente segregados do tráfego rodoviário e prioridade de ônibus em cruzamentos sinalizados. Pode circular em qualquer lugar, incluindo linhas ferroviárias abandonadas, canteiros de rodovias e ruas de cidades (Jarzab et al., 2002). Identidade da marca, que implica construções perceptivas baseadas no desdobramento estratégico, posicionamento e gestão de elementos de comunicação que permitem às pessoas distinguir as qualidades superiores do sistema (Hess & Bitterman, 2008).

3.11 Vantagens

Um sistema BRT da cidade é considerado um metrô de superfície que oferece o melhor dos dois mundos (Deng & Nelson, 2011). Tem grande impacto pela sua versatilidade e acessibilidade, pois o mesmo veículo que presta serviços de transporte em linha rápida pode sair da faixa exclusiva e se tornar um veículo alimentador que circula em áreas de menor densidade (Currie, 2006). Além disso, apresenta altas taxas de usuários e usos mistos ao longo das linhas do corredor, resultando em fluxos bidirecionais equilibrados. Durante os períodos de pico de demanda, os ônibus ficam lotados em ambas as direções de viagem, garantindo o uso eficiente da capacidade. Pode servir como uma espinha dorsal para orientar o crescimento em uma forma urbana compacta e de uso misto que não apenas promove a direção no trânsito, mas também retarda a expansão de custos associados significativos (Cervero & Dai, 2014).

As principais vantagens são: modernizar a infraestrutura do entorno, organizar o sistema de transporte e eliminar os ônibus lotados; minimizar o contato de ônibus BRT e outros veículos motorizados, isolando as linhas de outros veículos e até mesmo de viajantes, aumentando assim a velocidade do tráfego; e melhorar a qualidade do transporte público (Vecino-Ortiz & Hyder, 2015). Desta forma, atrai muitas cidades em desenvolvimento interessadas em melhorar seus sistemas de transporte de massa e a satisfação do usuário (Mavi et al., 2018). Os principais fatores na avaliação dos benefícios potenciais incluem: custos de capital e operacionais, conveniência, configuração de rotas e distribuição no centro da cidade e outros grandes centros de atividades (Zimmerman & Levinson, 2004). Esse sistema se tornou uma solução de trânsito popular para cidades que desejam otimizar a mobilidade urbana e as oportunidades e eficiências econômicas por meio da melhoria do valor do solo e da propriedade (Zhang & Yen, 2020). Bem como um excelente auxiliar na resolução de problemas ecológicos e de transporte, com um curto tempo de implementação (Sakhno et al., 2019) (Kassens-Noor, Gaffney, Messina, & Phillips, 2018). No entanto, esses benefícios podem variar muito em uma área urbana para outra, dependendo das características da rede (Wirasinghe et al., 2013).

3.12 Desvantagens

Para um sistema como o Bus Rapid Transit (BRT) que é altamente sensível ao tempo, qualquer desvio de ônibus em sua programação pode iniciar uma sequência de filas de ônibus, aglomerações e atrasos visíveis aos passageiros. Em outras palavras, as flutuações do tempo habitado na operação podem causar um efeito dominó que origina não apenas uma redução na confiabilidade do serviço, mas também uma diminuição na capacidade dos ônibus nos corredores (Jaiswal, Bunker, & Ferreira, 2010). As plataformas são bastante longas, então podem subestimar os tempos de permanência reais. Uma lista de obstáculos sobre às operações de passageiros inclui: complexidades institucionais e falta de capacidade técnica, falta de alinhamento entre os atores, forte promoção de modos competitivos e oposição dos operadores de ônibus existentes. Subestimar o esforço de implementação (viés de otimismo), descontinuidades devido a ciclos políticos, falta de políticas nacionais que apoiem seu desenvolvimento e financiamento insuficiente para uma implementação adequada. (Cruz-Daraviña et al., 2021). Os principais desafios associados às aplicações referem-se a: implementação apressada, porque a transição requer tempo e planejamento cuidadoso. Premeditação financeira estrita, sem subsídios operacionais. Além de problemas de manutenção de infraestrutura, incapacidade de absorver a demanda adicional de viagens devido a um sistema saturado que não tem capacidade de se expandir ainda mais; comunicação ineficaz, especialmente durante interrupções causadas por obras rodoviárias e por último, falta de integração com os modos de alimentação como caminhar ou andar de bicicleta (Nikitas et al., 2017).

4. Histórico e Contextualização Internacional do Sistema BRT

4.1 Aspectos Gerais

As características da mobilidade nos países em desenvolvimento são condicionadas por vários fatores históricos, sociais, econômicos e políticos. No entanto, apesar das grandes diferenças na taxa de urbanização, Montezuma (2008) identifica quatro fatores principais que servem como denominador comum nos continentes da África, Ásia e América Latina que condicionam a mobilidade: crescimento urbano acelerado, desarticulação entre a forma urbana e o sistema de mobilidade, concentração das atividades nas áreas centrais e segregação econômica e espacial.

Nos países desenvolvidos, há maiores incentivos industriais e poder econômico que incentiva mais pessoas a comprar seus próprios veículos, resultando em condições de tráfego caóticas, porque as estradas não suportam um volume maior de carros. Na maioria dos casos, os serviços de ônibus são percebidos como inseguros, insalubres e não confiáveis (Beirão & Cabral, 2007). Além disso, vários sistemas sofrem de problemas como resultado de planejamento, implementação e operação inadequados, devido a restrições institucionais e regulatórias (Hidalgo & Graftieaux, 2008). Nessa perspectiva, é necessário investir no planejamento do transporte, visando alternativas que possam garantir conforto, confiança e segurança aos usuários.

Ao longo do século XX, vários tipos de cidades foram se sobrepondo, cada uma intimamente ligada a um sistema de mobilidade determinante. Na América Latina, Ásia e África, o transporte público contribui significativamente para o aumento dos níveis de congestionamento, poluição e acidentes, e requer um investimento significativo de tempo e dinheiro da população para fazer suas viagens. No continente latino-americano, existe uma estreita relação entre a urbanização e o transporte público, ao contrário de outras regiões do mundo. A mobilidade urbana neste território está implícita como sistema de meios (infraestruturas e veículos) para transportar as pessoas de um ponto a outro da

cidade; caracterizada pela motorização (transporte) e pela comunidade (pública) abastecida por empresas privadas e públicas (Zamora-Colín et al., 2013).

O termo BRT foi inicialmente usado em 1966 em um estudo para a American Automobile Association por Wilbur Smith and Associates (Levinson et al., 2003). O primeiro BRT completo foi implementado em Curitiba, Brasil, em 1982 (Lindau, Hidalgo, & Facchini, 2010). Este aplicativo foi adaptado para corredores de trânsito em locais como Quito (1995), Bogotá (2000), Los Angeles (2000), São Paulo, Brasil (2003), Cidade do México (2003), Jacarta (2004), Pequim (2005), Colômbia (2006), os casos de Guayaquil (2006) e Guatemala (2007), Istambul (2008), o projeto de implantação lenta na cidade de Lima e Guangzhou (2010). A influência de Bogotá foi particularmente relevante; sendo a referência de BRT mais poderosa para planejadores e profissionais em todo o mundo (Hidalgo & Gutiérrez, 2013). Se tornou a prova de conceito de que tais sistemas podem melhorar a mobilidade nas grandes cidades sem comprometer os grandes orçamentos necessários para outros projetos. Em seguida, os BRTs foram implementados em várias cidades em países emergentes e em desenvolvimento nos últimos anos: cinco cidades na África (2,84%), 45 na Ásia (25,56%), 44 na Europa (25%), 21 (11,93%) em América do Norte, cinco na Oceania (2,84%) e 56 na América Latina (31,81%) (Cruz-Daraviña et al., 2021).

As cidades latino-americanas passaram por transformações significativas nas últimas duas décadas. Uma das maiores mudanças foi a construção de sistemas BRT que passaram a ser o eixo com 20.909.541 passageiros por dia mobilizados (61,49% dos passageiros globais) e 1.863 km construídos (35,09% dos quilômetros globais). Na cidade de Guadalajara, no México, se concluiu um corredor de alta qualidade com 16 km de extensão para 125.000 passageiros por dia, em apenas dois anos (Hidalgo & Carrigan, 2010). Além disso, a produção de ônibus aumentou, incluindo aqueles com combustíveis alternativos e trens de direção híbridos na Índia, Indonésia e China e complementado a alta produção e implementações de ônibus no Brasil (Hidalgo & Gutiérrez, 2013).

A implementação em países desenvolvidos tem sido mais lenta devido às preferências dos planejadores e tomadores de decisão por sistemas ferroviários e à conformidade com os regulamentos de planejamento e financiamento, incluindo extensos processos de participação pública. Uma dificuldade é a falta de exemplos e informações suficientes nos países desenvolvidos. Esforços de documentação

como os de B Finn et al. (2011) e Brendan Finn (2013) para BHLS na Europa e Hinebaugh (2009) para BRT nos EUA e Canadá, pode ajudar a fechar a lacuna de conhecimento (Hidalgo & Gutiérrez, 2013).

Os sistemas BRT em diferentes partes do mundo têm sido estudados por muitos pesquisadores sobre a implementação desses sistemas e dos diferentes impactos que podem causar. O tema do impacto sobre o valor da terra é um dos mais populares. A este respeito (Fox (2000); Polzin and Baltes (2002)) examinaram as faixas de ônibus em Washington, DC, Califórnia, Seattle e Flórida. Knight and Trygg (1977), concluíram que as faixas exclusivas de ônibus incorporadas nas estradas parecem não ter impactos do uso da terra no desenvolvimento residencial ou comercial. Mullins III, Washington, and Stokes (1989), analisaram os sistemas BRT de Houston, Pittsburgh, San Francisco e Ottawa. Somente neste último caso o sistema pareceu ter qualquer efeito no desenvolvimento da terra nas áreas vizinhas das estações. Cervero and Duncan (2002), não detectaram nenhuma evidência de que os benefícios foram acumulados em parcelas multifamiliares próximas, embora a falta de direito exclusivo de passagem e a novidade do serviço expliquem parcialmente esses achados (Rodríguez & Mojica, 2009).

Em termos de frete, dois conflitos principais têm sido estudados na literatura: as restrições aos veículos de carga e a eliminação de áreas de carga. Lyons, Lozano, Granados, Guzmán, and Antøen (2012), analisaram os impactos da proibição de veículos de carga com mais de 3,5 toneladas nos corredores de BRT na Cidade do México, onde os principais corredores de frete produziram aumentos no tempo de viagem, mas não mostraram nenhum impacto significativo no congestionamento ou nas emissões. Fatnassi, Chaouachi, and Klibi (2015), propôs uma opção de transporte compartilhado que poderia ser usada para transportar passageiros e mercadorias em áreas urbanas, respectivamente. Argumentam que o compartilhamento de rede aumentará a utilidade e diminuirá os custos de implementação associados a este modo de transporte. Em Paris (França), um projeto de transporte público buscou isolar o ônibus da circulação de outros tráfegos a fim de aumentar a velocidade e melhorar o serviço de transporte público, porém dificultou bastante a entrega de mercadorias (Ripert & Browne, 2009). Na cidade de Nova York, os corredores de transporte público na Third Avenue causaram conflitos principalmente devido à falta de espaço para carga no lado leste.

4.2 Aspectos Particulares

A seguir, se expõem os diferentes exemplos de sistemas BRT implementados nas diferentes regiões que tiveram maior impacto mundial e foram exemplos para atuais e futuros projetos de implementação deste novo sistema de transporte público. Foram seis casos especificamente os que marcaram a história dos sistemas BRT: Curitiba (1982) implantou o primeiro corredor com faixas exclusivas, estações com embarque pré-pago e nivelado e ônibus de alta capacidade. Paris (1993) com o BHLS mais amplamente utilizado entre 35 cidades europeias, demonstrando a abordagem de sistemas para melhorar o desempenho para as condições particulares encontradas na Europa. Bogotá (2000) combinou serviços locais e expressos na mesma infraestrutura, alcançando um fluxo de 45.000 passageiros por hora por sentido. Santiago (2007) avançou o conceito do nível do corredor para a implementação em toda a cidade, integrando diferentes modos de transporte pela primeira vez em uma cidade em desenvolvimento. Istambul (2008) corredor de ônibus completamente segregado no canteiro central das rodovias com estações muito longas atingindo 40 km / h. E, por fim, Guangzhou (2010) sistema de atendimento direto que elimina transferências, atingindo 35.500 passageiros por quilômetro de via de ônibus. Também se apresenta um resumo dos estudos que analisam, avaliam e propõem conceitualmente um novo esquema jurídico, operacional e financeiro por meio do qual se pode separar a operação da propriedade dos ônibus.

Nos diferentes exemplos, foi possível identificar que o esquema de remuneração das operadoras, em geral, é definido com base em o custo operacional por distância percorrida. Uma exposição à demanda do sistema por meio de pagamentos variáveis que estão condicionados ao número de passageiros efetivamente transportados e à disponibilidade de ônibus ou material rodante. Por outro lado, os esquemas de incentivos observados baseiam-se em duas premissas: gerar recompensas que estão atreladas à remuneração das operadoras para motivar a prestação de um bom serviço e recompensar o bom desempenho da operadora por meio de prorrogações na duração dos contratos ou expansão do negócio, associado à qualidade do serviço.

Em termos gerais, os indicadores de qualidade que integram os estudos de caso são: segurança rodoviária, conformidade e pontualidade dos despachos,

eficiência da manutenção da frota ou do seu estado, comportamentos operacionais e serviço ao utilizador ou qualidade na prestação dos serviços. Nas cidades latino-americanas é comum que a baixa classificação constante obtida pelas operadoras tenha gerado o hábito de assumir deduções ou penalidades como custos da prestação do serviço, sem estimular a melhoria contínua. Em contrapartida, na Europa existe uma mistura de multas e incentivos económicos e de qualificação aos operadores que são tidos em consideração na seleção dos operadores para novos contratos, motivando a melhoria contínua. Portanto, primeiro é aconselhável ter indicadores que, além da abordagem de eficiência operacional, considerem a abordagem do usuário. Segundo, que são mensuráveis e há clareza nos mecanismos de avaliação. Terceiro, que o órgão gestor tenha pleno acesso à informação que permite o cálculo dos referidos indicadores; e por fim, que o sistema de avaliação incorpore mecanismos contratuais associados a penalidades e / ou incentivos.

4.2.1 América do Norte

4.2.1.1 Canada

4.2.1.1.1 Ottawa

A experiência de BRT no Canadá tem uma longa e bem-sucedida história. Ottawa tem a reputação de administrar um dos sistemas de BRT mais extensos e eficientes, conhecido como Transitway. Consiste em uma faixa de rodagem de 60 km, que inclui 26 km de faixa de rodagem separada apenas para ônibus, com a maior parte da distância restante reservada para rodovias ou vias arteriais, conectado pela rede ferroviária e também pelo Park and Ride. Oferece serviço de alta frequência, operando na maior parte do dia (22 horas por dia) com intervalos de no máximo 3 a 5 minutos e um tempo de baixa atividade de 5 a 6 minutos. Pode servir 200.000 passageiros todos os dias, com carga máxima de 10.000 passageiros. Diante do surpreendente desempenho, a cidade de Ottawa ampliou a rede de rotas de trânsito para atender ao crescente número de passageiros. (Deng & Nelson, 2011).

4.2.1.1.2 York, Ontario

Nesse contexto, é relevante trazer a experiência do sistema de ônibus rápidos na região de York. Nesse sistema, o Órgão de Gestão de Trânsito da Região de York é responsável pela aquisição direta da frota, para posteriormente contratar o serviço de operação e manutenção dos ônibus com empresa privada. Por um lado, esta estrutura favorece a especialização dos agentes responsáveis pela prestação do serviço de transporte, gerando pressão sobre o operador para garantir uma equipe de pessoas especializadas. Por outro lado, esta estrutura tornou o sistema mais flexível, separando a propriedade da frota da sua operação e manutenção, facilitando assim uma possível reafecção da frota a diferentes operadores.

Embora a separação dos contratos tenha reduzido o investimento de ônibus a ser feito pelo operador, também apresentou uma série de lições para a atribuição de responsabilidades quanto à adaptação de oficinas e pátios, ao fornecimento de peças de reposição e programas de manutenção da frota. Estas responsabilidades começaram no âmbito do contrato do operador e acabaram por ser assumidas pela administração. O anterior materializou o risco de interface deste tipo de regime, uma vez que a interação entre os dois agentes foi prejudicada pelos elevados custos de transação (maiores custos de manutenção devido à intermediação do operador) e pela atribuição inadequada de funções. Esta experiência foi recolhida no caso de Bogotá e para mitigar o referido risco de interface, foi estabelecido um acordo que regula os termos e condições em que se espera que o fornecedor da frota e o operador coordenem a relação que se estabelece. Adicionalmente, um fator importante associado à disponibilidade da frota foi incluído na remuneração do operador, o que gera um incentivo para realizar a manutenção de forma adequada.

4.2.1.2 Estados Unidos

4.2.1.2.1 Experiências Iniciais

Plano de Chicago (1937): o conceito de trânsito rápido de ônibus foi sugerido pela primeira vez em Chicago (Harrington, Kelker e DeLeuw 1937). Um plano prévio a conversão de três linhas ferroviárias de trânsito rápido do lado oeste em operação de ônibus expresso em super estradas de distribuição de rua no centro da cidade (V. A. Perk & Catala, 2009).

Plano de Washington D.C. (1955-1959): estudos de projetos para BRT dentro da rodovia central foram desenvolvidos como parte da pesquisa de transporte

para a região da capital nacional para melhorar os serviços de transporte público (V. A. Perk & Catala, 2009).

Plano St. Louis (1959): O serviço de ônibus expresso eventualmente se tornaria BRT e ferrovia. O plano de transporte incluía uma viagem de 86 milhas, das quais 42 milhas deveriam ser em rotas especiais de ônibus separadas por lombadas (W. C. Gilman and Co. 1959). O foco desta proposta foi um loop de rodovia elevado que circunda parte do centro de St. Louis. O circuito continha uma plataforma de operações de 60 pés de largura que incluía uma calçada ou plataforma de carregamento de passageiros, localizada no lado interno da plataforma para engrenar com a operação unilateral dos ônibus no sentido horário. Forneceu uma faixa de rodagem de ônibus de três faixas de aproximadamente 37 pés de largura (V. A. Perk & Catala, 2009).

Milwaukee Transitway (1971): O plano de trânsito incluía 107 milhas de rotas de ônibus expresso no sistema de rodovias mais um trânsito de 8 milhas leste-oeste. Foram necessárias 39 estações e 33.000 vagas de estacionamento. Durante a hora do projeto de 1990, 600 ônibus entrariam em comparação com os 135 existentes em 1973 (V. A. Perk & Catala, 2009).

4.2.1.2.2 Eugene, Oregon

Este serviço usa técnicas de modelagem econométrica para estimar mudanças nos valores das propriedades associadas ao BRT. O Lane Transit District opera o EmX, um sistema BRT completo que atua na maioria de seus alinhamentos de rota ao longo de uma guia central dedicada. Se caracteriza por utilizar veículos de trânsito e outras características semelhantes aos trilhos, incluindo prioridade de sinalização nos cruzamentos em tempo real para informações do cliente nas estações, frequências de 10 minutos na maior parte do dia e cobrança de tarifas fora de bordo. Apresenta uma marca de serviço distinta, combinada com arte pública vibrante e esteticamente agradável ao redor das estações (V. Perk et al., 2017)

4.2.1.2.3 Orange Line, Os Angeles

O Metro Orange Line dos Angeles é um dos sistemas BRT com todos os recursos da América. Foi implantado em 2005, operando em um corredor ferroviário anteriormente abandonado e projetado com recursos semelhantes a um

sistema BRT. No estudo de Callaghan and Vincent (2007), a Linha Orange foi comparada ao serviço ferroviário leve da Gold Line. Apresenta um desempenho ainda melhor do que a Gold Line que tem custo superior, mas transporta menos passageiros. O número de passageiros atingiu a projeção de 2020 (média de embarques de 22.000 dias úteis) em maio de 2006, apenas sete meses após a inauguração. O sistema atraiu com sucesso usuários preferenciais, com 18% dos passageiros trocando de carro para o BRT. Embora mais de um terço dos passageiros tivesse um carro disponível para a viagem, 79% acessaram as estações de BRT em trânsito, em vez de um carro (Deng & Nelson, 2011).

4.2.2 América Central e do Sul

Em geral, os principais sistemas BRT da América do Sul foram implantados em Belo Horizonte, Curitiba e São Paulo, Brasil; Quito, Equador; e Bogotá, Colômbia. Esses sistemas normalmente usam faixas centrais separadas fisicamente ao longo de rodovias arteriais com várias faixas. As estações são normalmente espaçadas de 1.200 a 1.500 pés entre as principais interseções, com disposições para ultrapassagens em alguns sistemas por meio de faixas nas estações. São utilizados ônibus a diesel e ônibus articulados (18 metros) e biarticulados (24,5 metros) de vários andares, dependendo do sistema, e diversos tipos oferecem cobrança de tarifas fora do veículo. Na hora pico, o fluxo de passageiros varia de 10.000 a 20.000 pessoas por hora (Levinson et al., 2002).

4.2.2.1 Brasil

4.2.2.1.1 Curitiba (1982)

Curitiba é o berço do conceito de BRT com a introdução de vias de ônibus e serviços de alimentação na década de 1970 e a Rede de Transporte Integrado (RIT) na década de 1980, incluindo pré-pagos, níveis de acesso e grandes ônibus com portas múltiplas (Ardila-Gómez, 2004). A grande inovação em Curitiba foi utilizar uma abordagem sistêmica em que infraestrutura, ônibus e serviços estejam devidamente integrados. Além disso, os eixos estruturais fornecem a espinha dorsal de uma iniciativa de desenvolvimento orientado para o trânsito (TOD) (Hidalgo & Muñoz, 2014).

Iniciou o processo em condições semelhantes às de outras cidades brasileiras, mas tornou-se uma exceção notável e um exemplo para o mundo (Cervero, 1998). Cidades como São Paulo, Belo Horizonte, Recife, Porto Alegre e Rio de Janeiro usaram os recursos federais disponíveis na década de 1970 apenas para melhorias no desempenho dos sistemas de ônibus (Lindau, dos Santos Senna, Strambi, & Martins, 2008), enquanto Curitiba aproveitou a oportunidade de investimento para direcionar o desenvolvimento urbano. A maioria dos corredores de ônibus em outras cidades brasileiras foi implementada de forma isolada de um sistema regulatório e de estratégias abrangentes de planejamento e uso do solo de longo prazo (Lindau et al., 2010). O resultado: sistemas parciais, ineficientes ou superlotados que não poderão atender adequadamente à demanda (Hensher, 1999).

Os eixos estruturais e o resto do sistema integrado têm recebido melhorias contínuas ao longo do tempo, incluindo uma série de componentes: faixas de ônibus médias segregadas longitudinalmente, estações de metrô com taxas pré-pagas e níveis de acesso, integração física e tarifária entre diversos serviços, controle de despacho em estações terminais, serviços diferenciados, rotas radiais expressas e rotas radiais aceleradas com paradas limitadas na faixa intermediária de ônibus (Zamora-Colín et al., 2013). Rotas circunferenciais entre bairros, integradas a rotas radiais (expressas e diretas) em terminais e estações intermediárias. O tamanho do ônibus é determinado de acordo com a demanda e faz atendimento especial para estudantes, hospitais e turistas. Além disso a cobrança centralizada de tarifas é feita por meio da emissão de bilhetes fora de bordo nas estações e terminais do metrô a bordo para serviços de alimentação (Hidalgo & Carrigan, 2010).

O sistema eletrônico de cobrança de taxas, introduzido em 2002, substituiu o sistema baseado em moedas utilizado desde o início da década de 1980. A infraestrutura incluiu 72 km de corredores de vias de ônibus na estrutura do eixo, 347 estações de metrô (nível de acesso pré-pago) e 29 terminais urbanas com integração para alimentação. Os serviços incluíram vários tipos de veículos: biarticulados (270 pax), articulados (160 pax), convencionais (90 pax), miniautocarros e autocarros especiais. Como resultado dessa combinação sistemática de infraestrutura, ônibus, operações e eixos estruturais puderam ser considerados um medidor de superfície. Com uma única faixa, os corredores movimentaram 13.000 passageiros por hora em um sentido, com velocidade comercial de 21 km / h. Corredores com ultrapassagens implantadas em 2010

puderam receber até 23.000 passageiros por hora por sentido, com velocidade comercial média de 25 km / h. Os eixos estruturais têm sido a espinha dorsal do plano urbano (Duarte & Ultramari, 2012).

Os doze principais atributos do sistema de Curitiba incluem: estrutura de rota simples, serviço frequente em todos os momentos do dia, programas baseados em avanços em vez de horários pontuais, paradas menos frequentes, entrada e saída de rampas, ônibus e estações com códigos de cores, dedicados corredores, ônibus de maior capacidade, embarque e desembarque de múltiplas portas, pagamento de tarifas fora do veículo, rede de ônibus alimentadores e planejamento coordenado do uso do solo (Dreier et al., 2018). Ao longo dos anos, Curitiba mostrou ao mundo seu potencial para produzir soluções criativas e de custo relativamente baixo para a mobilidade urbana.

4.2.2.1.2 Porto Alegre

Porto Alegre possui uma demanda por serviços de transporte grande e enfrenta um índice crescente de motorização privada de 2,3 habitantes / veículo motorizado. A implantação de corredores de ônibus começou no final da década de 1970. Esses corredores caracterizam o que hoje é definido como um sistema de BRT aberto. À exceção do corredor implementado ao longo da Terceira Avenida Perimetral, todos os restantes corredores são radiais; apresentando faixa intermédia em cada sentido, plataformas baixas e sem ultrapassagem nas paragens (Lindau et al., 2008).

Este projeto proporcionou os meios para a implantação de um sistema de transporte composto por uma rede completa de serviços de ônibus troncal e alimentador. Seus benefícios potenciais incluíam a capacidade de pagar uma única tarifa durante a viagem de qualquer origem para qualquer destino; a redução do custo operacional geral do sistema e, portanto, da tarifa, por meio da eliminação da sobreposição de linhas de ônibus nos corredores; redução do congestionamento no centro da cidade devido à substituição de diversos serviços de ônibus radiais e tempos de viagem reduzidos. O projeto nunca foi implantado, porque o Governo Federal decidiu encerrar. Mesmo assim, a iniciativa evidencia a necessidade de reestruturação do modelo de operação do serviço de transporte público de Porto Alegre. Com o passar do tempo as ineficiências do sistema de cultivo foram

mantidas, sem operação de tronco e alimentador; e o número e a frequência das linhas de ônibus urbanos e metropolitanos que chegam ao centro da cidade aumentaram drasticamente. O Plano de Transporte Público revelou o desequilíbrio entre oferta e demanda na região central: enquanto 78% das linhas municipais tinham terminal definitivo no centro da cidade, apenas 26% dos passageiros tinham destino final no centro da cidade. Uma evidência desse problema é o número de menos da metade dos ônibus lotados que chegavam ou saíam do centro da cidade (Lindau et al., 2008).

Ao longo dos anos, os ônibus de capacidade relativamente alta permitiram a diversificação dos serviços por meio da criação de muitas linhas e a inserção de diversos novos terminais no centro da cidade. Alguns terminais foram localizados em áreas recuperadas de estradas, calçadas e praças, transformando os setores mais internos do centro da cidade em grandes terminais de ônibus abertos, contribuindo para a deterioração e perda do valor patrimonial de uma área valiosa e histórica. Um exemplo do exposto é o projeto denominado Portais da Cidade que compreende um sistema de BRT que foi executado nas reformas das instalações de ônibus existentes e foi complementado com terminais de trevo e trechos com estruturas especiais como túneis e viadutos. Sua primeira fase de implantação consistiu na união do setor norte / nordeste com o setor sul / sudeste de Porto Alegre atravessando o centro da cidade e hospedando atividades e serviços de varejo.

4.2.2.1.3 Rio de Janeiro

No caso específico do Rio de Janeiro, além da Copa FIFA de Futebol 2014 a cidade foi sede dos Jogos Olímpicos de 2016 e, portanto, a demanda por melhorias no sistema de transportes foi maior. O plano de transporte para as Olimpíadas de 2016 foi resultado do acúmulo de experiência de duas licitações anteriores fracassadas. Foram projetados e construídos 4 corredores de BRT numa extensão total de aproximadamente 178 km. Para atender a demanda de transporte durante os eventos esportivos mundiais, o governo federal, estadual e municipal projetou 20 corredores expressos VLT e 4 corredores de BRTs, os quais são: Transcarioca, Transoeste, Transolímpica e TransBrasil. (Alexandre & Balassiano, 2012). Entretanto, faz-se importante mencionar que somente construir corredores de BRT e VLT além de expandir a malha metroviária para a zona oeste (Barra da Tijuca)

não solucionava os problemas enfrentados diariamente por aqueles que trafegam pelas vias mais congestionadas na cidade. As justificativas para a implantação desse sistema de transporte foram a falta de integração entre os diversos modais (ônibus, trens, balsas, metrô e vans particulares), a existência de um sistema público sobrecarregado e desorganizado, a falta de opções de transporte na zona oeste do Rio e a pobreza na qualidade do serviço (Yamawaki, Castro Filho, & Costa, 2020).

Dendura (2020) e Bovy (2017), em termos de extensão do transporte, definiram o legado do transporte no Rio como positivo. R. H. Pereira (2019), avaliou que as linhas de BRT dariam à população de baixa renda melhor acesso ao transporte. No entanto, Kassens-Noor et al. (2018) concluiu que o desenvolvimento urbano equitativo e as conexões sociais poderiam ser prejudicados e argumentaram que as linhas de BRT não foram planejadas para beneficiar o emprego e a densidade urbana, mas sim para interesses políticos e econômicos que dificultaram um legado pró-pobre. R. H. Pereira (2018), constatou violações do direito à moradia (desapropriação e deslocamento) e poucas melhorias no transporte para os mais pobres. Em relação ao legado do transporte, afirmou que a mobilidade urbana tem sido comprometida com a construção das novas linhas, pois as necessidades de destinação dos usuários são diferentes das do público durante os Jogos Olímpico. Assim, não só se falhou em criar oportunidades para um legado positivo, mas também se atrapalhou o desenvolvimento da cidade de várias maneiras (Talbot, 2021) (Yamawaki et al., 2020).

4.2.2.2 Bogotá, Colômbia (TransMilenio).

Os planejadores de Bogotá projetaram um sistema de alimentação troncal, marcado por operações segregadas de ônibus de faixa exclusiva em várias rodovias importantes e ônibus alimentadores que operaram em rodovias regulares que ligavam a estações de fim de linha. O sistema foi construído em três fases. A primeira fase inaugurou 42 km de serviços de BRT de alta capacidade, principalmente no meio de duas artérias principais. A fase dois, inaugurada em 2007, acrescentou mais 42 km de serviços principalmente de faixa média, e a terceira fase, acrescentou 28 km, em um sistema de 112 km. Os ônibus alimentadores, que somam 200 km de cobertura de serviço, operaram gratuitamente

em áreas de baixa renda e bairros da periferia urbana. O número diário de passageiros ultrapassou 2 milhões, o que representou cerca de três quartos de todas as viagens de transporte público na cidade (Suzuki, Cervero, & Iuchi, 2013) (Cervero & Dai, 2014).

Antes do sistema ser implementado, a cidade havia falhado em várias tentativas de implementar um sistema de metrô (Ardila-Gómez, 2004). Já tinha uma faixa de ônibus no principal corredor de trânsito da cidade que era reconhecida como caótica, altamente poluída e insegura, com impactos urbanos muitos negativos sobre o meio ambiente (Ardila & Rodriguez, 2000). Houve dupla oposição da comunidade, que estava relutante em aceitar os sistemas de ônibus como uma solução, e dos operadores privados existentes, que queriam preservar o status quo. Nesse contexto, Bogotá introduziu duas inovações notáveis no BRT: operações de pista dupla com estações com vários berços e amplo uso de despacho em tempo real e tecnologias de controle (Hidalgo & Carrigan, 2010) (Gilbert, 2008).

Para os corredores do TransMilenio, as densidades aumentaram 5% na Fase I e um pouco mais na Fase II e 5% para o corredor da Fase III durante a construção. Ocorreu uma diminuição da densidade após a Fase I do que nas fases posteriores, pois as linhas iniciais foram construídas ao longo de corredores já desenvolvidos (Hidalgo & Muñoz, 2014). O grau de atividade na área da estação foi em grande parte devido às oportunidades dos terminais, que representaram pontos de transferência ocupados entre os ônibus alimentadores e os serviços troncais. O fato de que relativamente pouco desenvolvimento ocorreu em torno de muitas das estações, apoiou as conclusões de avaliações anteriores de investimentos em trânsito e desenvolvimento urbano (Knight and Trygg (1977); Cervero and Seskin (1995); Cervero and Landis (1997)). O design deu pouco peso à experiência do pedestre, mostrando que o planejamento é importante a partir dos pequenos desafios ocorridos (Cervero & Dai, 2014).

Como consequência no ano 2018 foi elaborada uma licitação para a renovação da frota das fases 1 e 2 do sistema BRT TransMilenio, em que passou de um esquema abrangente, semelhante ao Metrobús, para um que contempla dois contratos: um para o abastecimento da frota e outro para a operação e manutenção da frota e dos pátios e/ou oficinas. Ao respeito, é importante destacar que a existência dos contratos não limitava a participação de alguns membros de cada

agente. Observa-se que existem partes coincidentes no controle ou participação do fornecedor e da operadora. (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019) (Hidalgo & Gutiérrez, 2013). A necessidade de uma nova licitação respondeu essencialmente a quatro situações específicas: a validade das concessões estava em fase de conclusão, a frota estava perto de atingir a sua vida útil, existia uma baixa probabilidade de financiamento por parte de bancos locais aos operadores, e pretendia-se incorporar mecanismos que permitem um melhor controle e domínio da operação (SIRCI, 2020).

As principais vantagens identificadas relacionaram-se com a diminuição da potência outorgada às concessionárias e a flexibilidade na gestão dos contratos e na exploração do serviço, bem como a possibilidade de este regime conferir ao sistema uma fácil atribuição de frota entre operadores. Em contrapartida, as principais desvantagens encontradas são o aumento da gestão contratual da gestora por ter que fiscalizar mais agentes no sistema e os riscos de interface que são gerados pela interação entre os agentes (Zamora-Colín et al., 2013).

A partir de 2019, as principais características de TransMilenio em seu componente principal são: 13 quilômetros de corredores segregados do tráfego, 139 estações intermediárias, 9 estações terminais, 12 corredores, 9 pátios e / ou oficinas e uma demanda anual de aproximadamente 695 milhões de passageiros. A relação entre o fornecedor e o operador da frota é regida por um acordo entre agentes privados que regulam os termos e condições, sob os quais ambas partes coordenam a relação que é criada entre eles em nome da entrega da frota da entidade gestora ao operador (SIRCI, 2020).

Em relação à prioridade de pagamentos, não há definição prevista nos contratos de concessão. Com relação aos subsídios, é pertinente notar que os contratos de concessão de Bogotá estão respaldados por um compromisso da cidade de cobrir a possível diferença entre a tarifa técnica e a tarifa do usuário, o que garante a remuneração de todos os agentes (SIRCI, 2020). Por se tratar de um sistema integrado que inclui o BRT e os ônibus urbanos regulares, se alimenta de duas fontes de receita: cobrança de passagens e contribuições da Prefeitura. Nesse sentido, o valor das contribuições do município ao sistema de transporte varia e depende diretamente da definição da tarifa de uso. Por exemplo, no ano 2017 o governo subsidiou 28% da operação do sistema integrado de transporte público (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

O fornecedor da frota está sujeito a uma remuneração por um valor fixo, com base na quantidade de ônibus acessíveis e as deduções por disponibilidade da frota. Além de receber descontos por indicadores de qualidade e disponibilidade da frota, as deduções à remuneração semanal do operador estão contidas ao limite máximo de cinco por cento aplicado ao valor da remuneração. O operador da frota está sujeito à remuneração de dois componentes: custo por quilômetro, que inclui quilômetros comerciais e quilômetros vazios programados; e o custo por ônibus a partir dos ônibus disponíveis no sistema (antes das deduções e multas) (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

A qualidade e o nível de serviço prestado pelos operadores são medidos através do ETIC, constituído por um conjunto de indicadores quantitativos que medem a eficiência e a qualidade da operação. Os indicadores estão agrupados em quatro critérios que permitem acompanhar o desempenho de cada um dos operadores em: gestão da segurança rodoviária, gestão operacional, gestão da manutenção e gestão dos comportamentos operacionais (SIRCI, 2020). Os principais desafios que o processo de estruturação e licitação da frota trouxe consigo foram: tempo, banca, incentivos e gestão da infraestrutura do sistema (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

4.2.2.3 Santiago de Chile, Chile (Transantiago)

Em fevereiro de 2007, Santiago de Chile desenvolveu um plano visando uma mudança drástica em seu sistema de trânsito. A grande inovação foi reformar todo o setor de ônibus em um único processo, não esperar anos para transformar a prestação de serviços, como poderia ser necessário em Bogotá, México e Lima, por exemplo. Foram considerados os principais conceitos de planejamento, aplicados em outras localidades, como integração perfeita, otimização de rotas, formalização de fornecedores e foi feita uma tentativa de eliminação da competição urbana. No entanto, a equipe de planejamento e implementação foi excessivamente otimista e a reforma resultou em sérios problemas, pelo menos nos primeiros 3 anos (Muñoz, de Dios Ortuzar, & Gschwender, 2016).

O processo foi muito traumático para a cidade, pois vários elementos do plano não estavam funcionando como inicialmente esperado. Um deles foi a falta de infraestrutura adequada para os serviços de tronco. Havia poucos corredores

instalados e as estações não forneciam uma zona pré-paga para agilizar o embarque dos passageiros. De um tronco alimentador, o sistema força muitos passageiros a se moverem, os tempos de espera aumentaram significativamente as velocidades de operação e, portanto, a capacidade do sistema. Além disso, a integração permitiu aos passageiros que raramente utilizavam o metrô como parte de suas viagens (por não ser próximo à origem ou ao destino de suas viagens diárias) usá-lo sistematicamente. O número de viagens quase dobrou em um único dia causando sérios transtornos, congestionamentos e prejudicando a qualidade do serviço. Diversas estratégias operacionais como serviços expressos e trens adicionais foram implementados para melhorar sua capacidade. Os contratos operacionais foram renegociados para melhorar a capacidade de controle do governo. Subsídios, inicialmente não considerados no sistema de planejamento, também foram introduzidos. Com este caso, aprendeu-se que a integração aumenta as transferências que são principalmente orientadas para os serviços mais rápidos da cidade, por esse motivo a necessidade de um único tronco e sistema de energia (Hidalgo & Muñoz, 2014).

Em 2019, novas melhorias no sistema começaram a ser feitas como considerar um sistema com diversos operadores privados, tanto na operação de ônibus quanto na administração e gestão do sistema. As principais características desse sistema são: 6.680 ônibus assignados a 377 serviços, uma rede com cobertura de 2.834km e 11.261 pontos de parada, 81 km de estradas segregadas (corredores abertos), 31 km de estradas exclusivas e mais de 200 km no sentido de faixa exclusiva para ônibus. Além disso, existem 6 estações intermodais, mais de 70 terminais (armazéns e pontos de regulação de frequência) e uma demanda anual de aproximadamente 868 milhões de transações de ônibus; e 1.562 milhões no sistema (ônibus + metrô + trem). A possibilidade de transformar o transporte de ônibus tradicionais em elétricos foi possível devido a uma aliança público-privada. Os 776 ônibus elétricos foram trazidos sob um contrato de provisão graças à aliança dos operadores e empresas elétricas que financiaram a compra e também a construção dos terminais elétricos. O mecanismo de financiamento foi desenhado pela Diretoria de Transportes Públicos Metropolitanos (DTPM) e Ministério dos Transportes e Telecomunicações (MTT) (RED, 2021).

Como parte da análise do esquema de transação, três foram documentados na história: esquema original do concurso em 2005, esquema do concurso de 2017

(separação de custos na estrutura de pagamento) e esquema do concurso de 2019 (separação de agentes). O primeiro esquema sofreu modificações ao longo do tempo, por meio de reajustes nos contratos, tanto com as operadoras de ônibus quanto com os chamados serviços complementares. As maiores mudanças ocorreram em 2011, onde além da reorganização dos serviços em 7 empresas, a estrutura de remuneração foi alterada de forma a proporcionar maiores incentivos para melhorar as operações e aumentar a procura. Para isso, foi dado um peso maior no cálculo da remuneração ao pagamento por passageiro transportado. O segundo esquema separa os pagamentos de ativos (CAPEX) dos de operação (OPEX), de forma que permite um maior controle sobre o material rodante e mais conhecimento e uma relativa maior transparência nos custos (RED, 2021). Este esquema nunca foi implementado, porque o concurso de 2017 foi cancelado antes da sua adjudicação. O terceiro esquema é implementado para alcançar a continuidade operacional, aumento da concorrência e eventual redução de custos, separar os componentes de capital e custo operacional na estrutura de pagamento, dividindo o fornecimento e operação de ônibus em diferentes contratos e atores. Relativamente à manutenção da frota, está previsto que seja efetuada pelo operador para gerir internamente os atritos entre a operação e a manutenção. No entanto, o operador é forçado a passar por um processo periódico de certificação independente, por meio de um terceiro, para garantir que o fornecedor ou dono da frota chegue ao fim da vida útil do ônibus, independentemente do que fazer com essa operadora ou outra. Tal comportamento permitiria atingir um dos principais objetivos da entidade, que é encurtar a duração dos contratos para 5 anos extensíveis para 7 em função da qualidade do serviço, e assim gerar mais concorrência e incentivos à melhoria da qualidade da prestação de serviços (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

O contrato da entidade com os transportadores assenta essencialmente na operação de veículos, ou seja, em quilómetros percorridos e no número de passageiros pagos transportados em função da qualidade oferecida. Por seu turno, o objeto do contrato de fornecimento de frota deve: fornecer os ônibus ao sistema, com as respectivas garantias, colocar os ônibus à disposição dos operadores e certificar a manutenção dos ônibus pelo operador. Adicionalmente, e apenas a pedido do operador, é responsabilidade do fornecedor da frota realizar a manutenção indicada no plano de manutenção e fornecer as peças sobressalentes

pertinentes (RED, 2021). Para formalizar a relação entre o fornecedor e o operador da frota, além dos contratos com a autoridade, deve haver um contrato acessório entre ambas as partes, ou seja, existem dois instrumentos principais: o contrato entre o fornecedor da frota com a autoridade ou entidade gerente e o contrato entre o fornecedor da frota e o operador da frota, que é um contrato acessório ao instrumento principal (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

No que se refere à remuneração, tanto a prestação de serviços de transporte como os serviços complementares são financiados através da tarifa dos usuários, do Estado ou de qualquer outra fonte disponível. A tarifa de uso é definida por deliberação de um painel de especialistas que estuda o aumento dos valores. As contribuições do Estado correspondem a um subsídio estabelecido com base nos montantes considerados pela Lei Orçamental Nacional para cada ano, e é atribuído de acordo com o déficit entre receitas e despesas do sistema. O principal incentivo está relacionado ao aumento da arrecadação do sistema, motivado pelo nível de evasão exibido. Assim, buscaram estimular a operadora a realizar uma maior gestão frente a esse fenômeno e, ao mesmo tempo, atrair novos usuários para o sistema. Para isso, são utilizadas como base as validações dos usuários e do acervo do sistema, separados por unidade de negócio. Por tanto, quando houver um aumento percentual na arrecadação e validações, um percentual previamente estabelecido da referida arrecadação adicional é entregue a título de bônus às operadoras (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

Como forma de controle, desenvolvem uma avaliação da concessão do uso de rodovias de duas maneiras. Em primeiro lugar, através de uma avaliação econômica de 80% que inclui: preço por quilômetro, terminais adicionais, frota de ônibus (número do ônibus x taxa de frota) e custo da infraestrutura de cobrança. Em seguida, realizam uma avaliação técnica de 20% composta por: experiência em transporte nos últimos 20 anos, nota técnica dos ônibus escolhidos, % frota não poluente, apresentação formal de ofertas e condições de emprego (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

4.2.3 Europa

Em geral, os sistemas BRT europeus têm várias características inovadoras. Essen (Alemanha) e Leeds (Inglaterra) têm corredores de ônibus guiados

mecanicamente. Rouen (França), possui uma linha de ônibus opticamente guiada que utiliza o ônibus diesel-elétrico Irisbus Civis bimodal. Em Runcorn, Inglaterra, a cidade inteira é construída em torno de um sistema de faixas de ônibus amplamente separadas (Levinson et al., 2002).

4.2.3.1 Paris, França (1993)

Conforme relatado por B Finn et al. (2011), o setor de ônibus europeu tem uma longa tradição de inovação e desenvolvimento de corredores de ônibus, vias de ônibus dedicadas e gestão de tráfego. Medidas de atendimento aos ônibus foram implantadas na década de 1970, assim como sistemas automáticos de despacho e controle. Na década de 1990, os bondes receberam atenção e passaram por várias melhorias. No entanto, a aplicação de elétricos modernos na forma de metrô ligeiro, não foi possível em vários corredores, porque a procura não justificou os investimentos. (Heddebaut et al., 2010). B Finn et al. (2011), revisaram 35 cidades que aplicam os conceitos de BHLS e listam Paris (Trans-Val-de-Marne, TVM), Nantes (Linha 4, Busway), Amsterdã (Zuidtangent), Almere, Kent (Fastrack A e B) e Jonkping (Citybussarna) como os outros sistemas BHLs completos. Paris é o mais amplamente utilizado de todos os sistemas. Foi inaugurado em duas fases em 1993 (13 km) e 2007 (7 km) (Hidalgo & Muñoz, 2014).

O TVM tem as seguintes características segundo Heddebaut et al. (2010): 20 km de corredores de ônibus, 95% dedicados em centrais com separação de calçadas de tráfego geral, 29 estações cada com 700 m em média, 39 ônibus articulados especialmente projetados e sinalizados, sistemas de informação aos passageiros (visuais e sonoros) nas estações e a bordo, tempo de espera, velocidade comercial 23 km / h (mínimo 17 km / h nos horários de pico), 3,5 min de antecedência (pico) com muito boa regularidade (dentro do intervalo mais 3 min para 96% dos passageiros), 66.000 viagens / dia com um crescimento anual de 7% e uma boa integração com pedestres e ferrovias.

Um estudo de caso incorporado ao relatório final da BHLS de B Finn et al. (2011), indicam que os principais fatores de sucesso deste sistema são a exclusividade e a proteção das faixas de ônibus, incluindo seis passagens de nível separadas em interseções ou rodovias complexas e uma gestão eficiente do sistema de frota (usando sistemas de transporte inteligentes). Como principais fragilidades,

apontam o fato dos usuários comprarem passagens dos motoristas, o que aumenta os tempos de permanência e a falta de prioridade nos cruzamentos de tráfego intenso. Também indicam que o sistema fica muito lotado nos horários de pico e que a coordenação com um grande número de autoridades torna a governança difícil. Apesar dos elementos anteriores, a TVM de Paris é um bom exemplo de integração de sistemas (infraestrutura, autocarros e operações) com uma marca muito distinta, direcionada para condições especiais de ambientes suburbanos, nomeadamente no contexto europeu. (Hidalgo & Muñoz, 2014).

4.2.3.2 Istambul, Turquia (2008)

Vários sistemas têm seções totalmente segregadas, incluindo Pittsburgh, Adelaide, Brisbane, Sydney, Boston, Ottawa, Bogotá e Cidade do México (Program and Levinson (2003); Wright and Hook (2007)). Existem até dois BRTs com passarelas elevadas: Expresso Tiradentes em São Paulo, Brasil (Hidalgo, 2009) e o BRT Xiamen (China BRT, 2011). No entanto, Istambul adotou o conceito de BRT completamente segregado em um padrão verdadeiramente novo. Antes do lançamento do sistema, as condições de tráfego em Istambul, e particularmente ao longo do corredor da rodovia, eram extremamente ruins. O forte congestionamento afetou severamente os usuários de ônibus ao longo do corredor e também resultou em uma frota com requisitos muito elevados para atender às necessidades de transporte devido aos longos tempos de ciclo. A cidade também estava expandindo e melhorando os componentes ferroviários do sistema de transporte: a expansão do metrô na Península Histórica e a travessia da ferrovia Marmaray no Bósforo e suas conexões na Europa e na Ásia, mas os projetos demoraram mais do que o inicialmente previsto. Uma atualização de curto prazo foi necessária e a cidade optou por introduzir um BRT totalmente segregado usando faixas centrais da rodovia urbana principal (Hidalgo & Muñoz, 2014).

O Istambul Metrobús conecta a Europa e a Ásia no único sistema de BRT intercontinental do mundo. Possui faixas centrais de ônibus e plataformas de estações muito longas (90 m) separadas por 1,1 km em média. Utiliza pontes de cauda sem rampa para acessar a Ponte do Bósforo, por onde circula com tráfego misto. Opera com ônibus de piso rebaixado (articulados e biarticulados). O corredor opera em altíssima velocidade comercial (42 km/h), alto rendimento de pico

(30.000 passageiros/h/sentido, com despachos a cada 15s no horário de pico) e alto uso (800.000 passageiros por dia) com 52 corredor/km. A principal preocupação é sua alta ocupação. Outra dificuldade importante é a acessibilidade de pedestres às faixas intermediárias de uma rodovia totalmente segregada, que requer longas caminhadas, passarelas elevadas e escadas congestionadas. Também apresenta uma carência de facilidades para a integração entre micro-ônibus e ônibus locais com o BRT (Hidalgo & Muñoz, 2014).

4.2.3.3 Cambridge, Reino Unido

No Reino Unido, o BRT é cada vez mais visto como um modo de trânsito rápido de alto perfil, oferecendo uma solução inovadora para problemas de tráfego. Existem vários sistemas de transporte público próximos ao BRT, como o Cambridgeshire Guided Busway, Crawley Fastway, Kent Thameside Fastrack e Luton-Dunstable Busway. O sistema Crawley Fastway, que incorpora a maioria dos recursos associados a um bonde, mostra que um sistema de vias de ônibus era mais atraente do que o inicialmente previsto, com um patrocínio 40% maior. O Conselho do Condado de Cambridgeshire construiu o sistema de trilhos de ônibus guiados mais longo (25 km), ligando a cidade de Cambridge às cidades-satélites. A via de ônibus LutonDunstable oferece um serviço prestado por meio de um veículo especial para vias de ônibus, capaz de circular tanto na estrada quanto na via pública. Em Leeds, o conceito super busway foi introduzido em 1995. A Superbus opera na Scott Hall Road entre os subúrbios ao norte e o distrito comercial do centro. A tecnologia de ônibus guiados evita efetivamente o uso por outro tráfego, permitindo que os ônibus evitem congestionamentos nos horários de pico. Em 2001, outra rota de ônibus guiado foi lançada na região leste da cidade (Deng & Nelson, 2011).

Enquanto os esquemas de BRT no Reino Unido usam principalmente ônibus guiados, Kent Thameside inaugurou um sistema não guiado no 2006. Com esse projeto, 19% dos passageiros que antes usavam o carro mudaram de serviço e 95% dos clientes avaliaram a experiência como ótima ou boa. Isso atingiu um nível muito alto de satisfação do cliente, com passageiros cerca de 50% acima do previsto (Deng & Nelson, 2011).

4.2.3.4 London Buses, Londres, Reino Unido

A London Bus Services Company (LBSL) surge como empresa subsidiária da London Transport Agency (TfL), e é responsável pelo planejamento das rotas de ônibus, determina as especificações dos serviços, monitora sua qualidade e é responsável pelas estações de ônibus, o paradeiro e o sistema de informação do usuário. Por outro lado, cabe ao TfL determinar as taxas e definir o sistema de cobrança a ser utilizado. Normalmente, cada rota tem um contrato separado. Em 2017, havia cerca de 700 contratos individuais. A forma de contratação é pelo custo bruto da operação; os riscos de demanda são suportados pelo TfL, que subsidiou a operação do sistema de ônibus em cerca de £ 700 milhões por ano. Os ajustes orçamentários feitos pelo governo reduziram o nível de subsídios quase totalmente (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

Com relação ao esquema de transação, o LBSL realiza processos de pré-qualificação para manter uma lista de operadores aprovados. Partilha com os operadores pré-qualificados um contrato-quadro que inclui os requisitos contratuais que se entenderão estar incluídos nos contratos de rota adjudicados ao operador, estes últimos contêm acordos aplicáveis em relação a cada rota particular. Os contratos de rota são atribuídos à proposta economicamente mais vantajosa, em relação aos recursos públicos disponíveis (não necessariamente a mais baixa). Entre os critérios de avaliação estão os seguintes: preço, capacidade de prestação de serviços com a qualidade especificada, capacidade de recrutar, treinar e reter pessoal qualificado; tipo de veículos e recursos adicionais oferecidos e capacidade financeira. No que se refere às condições de financiamento, normalmente, os ônibus operam no sistema por meio de regime de locação, sendo o operador responsável pelo serviço de transporte e manutenção do veículo, estando forçado a pagar ao locador uma renda pela utilização do referido veículo. Este contrato é celebrado entre o operador da rota e uma entidade financiadora ou prestadora do referido serviço (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

A remuneração aos operadores do sistema é feita por: milhas efetivamente operadas e milhas programadas e não operadas; a causa de não os operar não pode ser razoavelmente atribuída ao operador. A remuneração está sujeita a bônus ou descontos diretamente relacionados ao desempenho do operador. Além disso, tendo em conta as responsabilidades a cargo do operador, este é remunerado pelo

fornecimento e disponibilidade da frota, pela sua operação, manutenção e pelos investimentos (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

Os contratos em Londres oferecem dois tipos de incentivos às operadoras, que estão vinculados ao desempenho nos níveis de serviço: bônus ou pagamentos por desempenho de confiança e extensões de contrato. O primeiro incentivo são os pagamentos calculados anualmente, onde o desempenho anual real do operador da rota é comparado com os padrões mínimos de desempenho que tinha de cumprir. Para cada ponto adicional de qualificação em relação ao padrão mínimo, a operadora recebe 1,5% do preço do contrato como bônus. Os bônus são limitados a 15% do preço do contrato. O segundo incentivo refere-se ao fato da duração dos contratos poder ser prorrogada por 2 anos, passando de um contrato de 5 para 7 anos. Essa extensão ocorre se a operadora mantém ou supera um indicador de desempenho denominado limite de extensão, que é um pouco superior aos padrões mínimos de desempenho estabelecidos em contrato. Este ramal é opcional para a operadora, que pode rejeitar a oferta de ramal se assim o desejar (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

4.2.3.5 ROSCOs e TOCs, Reino Unido

As Operadoras de Material Rodante (ROSCOs) são empresas especializadas na operação de trens que alugam material rodante as Operadoras de Trem (TOCs) e se encarregam da operação de grupos de serviços ferroviários geograficamente relacionados. A operação ferroviária é executada sob franquias outorgadas pelo Departamento de Transportes (DfT) por meio de processos de adjudicação precedidos de processo de pré-qualificação. Durante a licitação, os TOCs firmam pré-acordos com os ROSCOs, cuja execução está condicionada à outorga da franquia. Esses pré-acordos são apresentados ao poder concedente para demonstrar que, se bem-sucedidos, terão material rodante suficiente para operar os serviços ferroviários durante o período de franquia. Os critérios de concessão da franquia variam de acordo com as características dos corredores ferroviários a serem franqueados. Assim, para aqueles corredores de alto tráfego, avalia-se a maior contraprestação que o interessado fará ao poder público pelo direito de operar a franquia, enquanto, nos corredores de baixo tráfego, avalia-se o menor valor de subsídio necessário para operar. As partes interessadas podem apresentar propostas

que excedam as condições mínimas especificadas para cada franquia, e o concedente analisa cada caso particular para selecionar aquele que seja mais vantajoso economicamente. Os compromissos da franquia são diferentes para cada um. Assim, em alguns casos é necessária a incorporação de novo material rodante de determinadas especificações, investimentos em estações para aumento de capacidade de estacionamento, metas de pontualidade, conectividade gratuita à internet nas estações e/ou trens, metas de velocidade e aumento de frequências nos serviços (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

Os principais agentes do sistema são: o agente responsável pelo transporte de passageiros (TOC), o agente proprietário da frota de material rodante (ROSCO), o agente encarregado de definir as especificações mínimas de serviço (Dft), o responsável por garantir que os operadores ferroviários cumprem os regulamentos de segurança e proteção, o fabricante que vende a frota para ROSCOs e o proprietário, sob a subsidiária Network Rail Infrastructure Ltd, e administrador de infraestrutura ferroviária na Inglaterra, País de Gales e Escócia.

O regime de remuneração é o seguinte: em primeiro lugar, pelo fornecedor da frota, uma vez que a ROSCO adquira o material rodante, o contrato de arrendamento celebrado com o operador deve remunerar a aquisição do material rodante. E em segundo lugar, pelo operador da frota, onde os rendimentos da venda de bilhetes e os eventuais subsídios recebidos do governo remuneram o operador pela exploração do serviço de transporte e, em alguns casos, pelas atividades de manutenção do material rodante, dependendo nas condições do arrendamento.

Vários incentivos são operados dependendo da entidade gestora. Para o fornecedor da frota, os contratos de leasing não estão sujeitos a incentivos de desempenho que de alguma forma impactem a remuneração do proprietário da frota. Já para o operador de frota à semelhança do caso dos ônibus de Londres que estão sujeitos a potenciais extensões do contrato de franquia, condicionados ao bom desempenho do operador. Por outro lado, os desincentivos do TOC não estão diretamente relacionados à sua remuneração, mas aos custos em que incorre. Os contratos de franquia estabelecem que o pagamento das taxas que o TOC deve fazer ao governo seja ajustado aos aspectos de desempenho, como cancelamentos, minutos atrasados e viagens perdidas (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

A disponibilidade da infraestrutura é medida por meio do Indicador de Interrupção de Propriedade (PDI), que busca medir a disponibilidade da infraestrutura quando o passageiro precisa dela. Mede o tempo de viagem excedente que o passageiro experimenta devido à manutenção planejada e aos trabalhos de engenharia. Os contratos de renda de material rodante contemplam eventos próprios de rescisão antecipada de acordo com as obrigações de cada uma das partes. As franquias são concedidas considerando cada caso particular. O DfT pode rescindir a franquia antecipadamente em caso de não cumprimento das obrigações do TOC. A propriedade do material rodante permanece com a ROSCO, portanto, após o término do contrato de locação, a TOC deve devolver o material rodante à ROSCO nas condições estabelecidas no contrato de locação (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

4.2.3.6 Transport For Great Manchester (TGM), Inglaterra, Reino Unido

Financia serviços de ônibus em áreas onde não há transporte comercial, garantindo a cobertura do sistema. É dono das estações de ônibus, paradas e estacionamentos. Sustenta a modernização da frota com investimento em novas tecnologias. Oferece subsídios tarifários para populações vulneráveis como idosos, pessoas com deficiência e crianças. Apresenta um papel de liderança na coordenação de planos locais para redução de emissões de transporte (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

Em 1998, implementou uma atividade de concorrência que fornece recursos para coleta de multi-operador e provê exceções para a não discriminação de operadores dos benefícios da integração da coleta. No 2000 implementou uma atividade que consiste na condição, em caso de existência de sistemas de coleta multi-operador, de obrigatoriedade participação para todos os transportadores em sistemas de coleta integrada ou de multa. Em 2017, os municípios introduziram colaborações avançadas e esquemas de franquia para melhorar a cobrança e as taxas. A Greater Manchester Combined Authority tem controle total sobre a rede, rotas, horários e padrões de operação, cobrança e esquemas de taxas e responsabilidade por riscos. Usa uma plataforma eletrônica como padrão técnico no Reino Unido para validação de cartão único e gerenciamento de dados. Além disso, conta com um provedor privado Vix de hardware (validadores e cartões) e software

(sistema e manutenção). Estabelece duas formas como modalidades de cobrança: a primeira por meios como cartão único, bilhetes individuais, curta e longa distância. Já a segunda faz referência para diferentes formas de pagamento: zonal, débito automático, pré-pagamento, temporada e valor fixo com viagens ilimitadas.

4.2.4 Asia

Restrito pelo alto custo do trânsito ferroviário, o BRT há muito tempo é considerado uma solução imediata, prática e acessível para os problemas de tráfego em muitas cidades asiáticas. Um número crescente de cidades, incluindo Jacarta (Indonésia), Pune e Delhi (Índia), Seul (Coréia), Nagoya (Japão), Bangkok (Tailândia), Pequim, Hangzhou, Kunming e Guangzhou (China), implementaram ou estão em desenvolvendo sistemas BRT para atender às crescentes demandas de viagens (Deng & Nelson, 2011).

4.2.4.1 Índia

Na Índia, muitas cidades de alta densidade enfrentaram uma crise de transporte caracterizada por congestionamento extremo do tráfego, degradação ambiental e acidentes rodoviários, devido a um aumento inesperado na demanda de transporte. Como as viagens de ônibus representam mais de 90% do uso do transporte público, os sistemas de BRT são considerados um modo de transporte de massa economicamente eficiente para fornecer um serviço de alta qualidade a uma grande parte da população de baixa renda (Pucher, Korattyswaropam, Mittal, & Ittyerah, 2005). Nove grandes cidades indianas embarcaram em um programa de introdução de BRT (Delhi, Pune, Hyderabad, Ahmedabad, Rajkot, Guwahati, Vizag, Surat e Jaipur) dos quais três: Delhi, Pune e Ahmedabad implementaram esquemas piloto com resultados mistos. O projeto de BRT em Delhi sofreu severas críticas desde o primeiro teste, devido ao design deficiente e à falta de coordenação com as diferentes partes interessadas. A resistência dos motoristas foi gerada, pois o sistema exige uma faixa de servidão própria que precisa do dobro de espaço na estrada do que um carro. No entanto, ganhou grande apoio dos viajantes, 83% dos passageiros ficaram satisfeitos com as faixas exclusivas de BRT e acreditaram que deveriam continuar na cidade. Por outro lado, o 26% das pessoas que usam carro e

duas rodas estavam dispostas a mudar de modo se houvesse uma rede bem coberta e conectada ao metrô (Deng & Nelson, 2011).

4.2.4.2 Ahmedabad

Em 2009, Ahmedabad inaugurou a primeira e ainda hoje a maior rede de BRT do país. Chamado de Janmarg (People's Road), o sistema de 45 km foi construído para aliviar o crescente congestionamento do tráfego na quinta maior cidade da Índia (Kotkin, 2010). O BRT moldou o crescimento urbano futuro: aumento rápido e motorização juntamente com o agravamento do congestionamento do tráfego, acrescentando a demanda do mercado por locais acessíveis para o trânsito (Cervero & Dai, 2014).

Como em Bogotá, o Janmarg foi concebido e desenhado como um investimento em mobilidade, não para modelar uma cidade. As prioridades políticas de curto prazo prevaleceram sobre a sustentabilidade de longo prazo. Programado para abranger cerca de 220 km no momento da construção, foi alinhado de acordo com os princípios de minimização de custos e acessibilidade. No entanto, prestaram pouca atenção à integração física das paradas com os bairros vizinhos por meio do projeto de conexões perpendiculares de pedestres ou do aumento da proporção de futuras populações e trabalhadores agrupados em um ou dois blocos de BRT. Um sistema bastante avançado foi construído para os padrões asiáticos, com faixas exclusivas e dedicadas com algumas lacunas de nível e estações de ônibus com serviço completo. Recuperar o valor agregado criado pelo trânsito permitiu à cidade gerar os fundos necessários não só para amortizar os investimentos de capital do trânsito, mas também para melhorar os bairros ao redor das estações com o mesmo sucesso do programa. Além disso, várias deficiências do projeto tiveram que ser superadas. O Janmarg foi projetado como um sistema fechado e sem alimentador secundário, exigindo que os usuários acessassem as estações localizadas no canteiro central. (Cervero & Dai, 2014).

4.2.4.3 China

Na China, com ênfase na oferta de um sistema de transporte de massa eficiente e econômico, os sistemas BRT foram rapidamente implantados em muitas cidades incluindo Pequim, Changzhou, Hangzhou, Kunming, Ji'nan, Chongqing,

Dalian, Xiamen, Hefei e Zhengzhou, com vários graus de sucesso. Um sistema de BRT notável e primeiro corredor na China é o Linha 1 do Eixo Sul em Pequim, descrito por Deng e Nelson (2009). Pequim é uma das cidades mais congestionadas da China. Após anos de pesados investimentos na construção de sistemas ferroviários, especialmente metrô e VLT, as autoridades têm enfrentado cada vez mais dificuldades para saldar dívidas, subsidiar a operação e expandir a malha ferroviária. A linha 1 de BRT do Eixo Sul entrou em operação comercial em dezembro de 2004. A maior parte das faixas estão fisicamente separadas no canteiro central da rodovia. Atingiu quase 40% de redução no tempo de viagem e alto número de passageiros, mas com apenas uma pequena parte do custo de capital de uma linha de metrô.

4.2.4.4 Guangzhou, China (2010)

A maioria das aplicações de BRT é executada em uma instalação separada, como México, Istambul, Pequim, Jacarta e Ahmedabad, ou é executada em serviços de tronco alimentador integrados, seguindo o exemplo de Curitiba e Bogotá (Wright, 2010). Poucos sistemas funcionam com serviços diretos, ou seja, ônibus que entram no corredor troncal vindo dos bairros e seguem pelo trecho troncal, voltando para as rodovias locais, reduzindo a necessidade de transbordos. Alguns exemplos notáveis de tal configuração incluem o Ottawa Transitway e o Adelaide O-Bahn (Hoffman, 2008).

A introdução do Guangzhou BRT em 2010 marca um original avanço (Fjellstrom, 2010). O novo corredor de 22,5 km proporcionou uma operação em larga escala. Possuía longas estações, de 55 a 260 m, com faixas de ultrapassagem e combinou vários serviços diretos na mesma infraestrutura. Permite até 27.000 passageiros com 350 ônibus por hora por sentido. Mas o mais importante, é o resultado de um modelo muito conveniente que usa serviços que reduzem as transferências de terminal. As estações do trecho de alta capacidade são longas, proporcionando ultrapassagens e manobras. Embora esse tipo serviço direto fosse comum em corredores de ônibus no Brasil desde a década de 1970, Guangzhou melhorou o projeto com o uso de estações de bilheteria externas fechadas, sistemas de informação dinâmicos e controles eletrônicos (Hidalgo & Muñoz, 2014).

Tal como acontece com outros grandes BRTs, Guangzhou tem níveis de ocupação muito altos. O número de ônibus por hora também é muito grande, causando alguns problemas operacionais nos horários de pico como filas excessivas, resultando em velocidades de negócios mais baixas do que em outros corredores. O alto desempenho alcançado muda a percepção de que os corredores de ônibus são aplicáveis apenas aos corredores de média e baixa capacidade na Ásia. O sistema também apresenta vários recursos interessantes, como integração direta com o metrô da cidade, estacionamento compartilhado para bicicletas na maioria das estações, pontes que conectam as estações aos edifícios adjacentes e várias operadoras (Fjellstrom, 2010).

4.2.4.5 Seul, Coreia do Sul

Seul substituiu o sistema operacional do ônibus urbano privado por um sistema operacional quase público. O sistema operacional quase público baseava-se no princípio de que os benefícios públicos deveriam ser os principais critérios para determinar as rotas de ônibus e os sistemas operacionais. Em 2004, o sistema integrado de tarifas foi introduzido como parte da reforma do transporte público. Especificamente, o sistema de pré-pagamento, cobrança e distribuição foi digitalizado, permitindo a coleta de dados em tempo real da operação dos ônibus. Para isso, é executada a constituição de uma empresa para a construção do sistema de smart card.

O Governo Metropolitano de Seul e a Cooperativa Empresarial de Operação de Ônibus, concluíram um acordo para a gestão conjunta dos lucros. Sob o sistema operacional quase público, as receitas das tarifas dos ônibus urbanos são agrupadas e alocadas às operadoras com base em seu desempenho. Do ponto de vista financeiro, o acordo inclui termos sobre a garantia de um lucro apurado com base no principal custo padrão de transporte, alteração da portaria de apoio financeiro para perdas, cumprimento do regime de licitações nas 10 principais rotas, e licença comercial de garantia de as 57 empresas de ônibus. Quando as receitas não atendem aos custos, o governo compensa o déficit por meio de subsídios. (Metrobús y Banco de Desarrollo de América Latina, 2019).

4.2.5 Oceania

4.2.5.1 Austrália

Quatro cidades na Austrália implementaram sistemas de BRT como um meio de baixo custo de fornecer serviços de qualidade para cidades com densidade comparativamente baixa. Este país possui um dos sistemas de BRT mais antigos, a via de ônibus Northeast Adelaide inaugurada em 1986. Também tem alguns dos sistemas mais conhecidos do mundo: o Brisbane Southeastern Busway, o Inner North Brisbane Busway e o Sydney Transitways cruzando o corredor Parramatta para Liverpool e Parramatta para Rouse Hill. Inaugurado em 2001, 2004, 2003 e 2007, respectivamente. Esses sistemas operam em estados distintos e autônomos que oferecem oportunidade de identificar os impactos do ambiente institucional, bem como aspectos tecnológicos e operacionais distintos. Auckland abriu sua primeira faixa exclusiva para ônibus, a Auckland Northern Busway em 2008. Ofereceu estacionamento e áreas para caminhadas, considerado uma parte importante da rede de trânsito rápido (Deng & Nelson, 2011).

As atraentes estações de ônibus do sudeste de Brisbane receberam prêmios de arquitetura por seu design inovador. Apenas dois anos após a inauguração do primeiro segmento, a via de ônibus de 10,5 milhas transporta mais de 60.000 passageiros por dia e gerou três grandes projetos conjuntos de desenvolvimento, bem como um aumento no valor de terrenos residenciais perto de estações com 20% a mais do que áreas semelhantes. Em vez disso, Adelaide opera uma via de ônibus guiada mecanicamente que permite uma estrutura de alto tráfego com largura e custo mínimos. A via de ônibus guiada de 7,4 milhas foi inaugurada em etapas entre 1986 e 1989, tem três estações principais, transporta 20.000 passageiros por dia e tem um projeto de expansão. Durante os períodos de pico, os ônibus operam através de bairros suburbanos e, em seguida, na via de ônibus para uma viagem rápida em alta velocidade para o centro urbano (Levinson et al., 2002). Durante a baixa temporada, algumas rotas fornecem serviço alimentador apenas para uma rota local alinhada com todas as paradas. É uma das rotas de ônibus guiadas mais longas e rápidas do mundo, ligando os subúrbios do Nordeste com o Central Business District (Currie, 2006).

4.2.6 África

O sistema BRT também foi introduzido em algumas cidades africanas. Se concentram em fornecer um serviço de transporte de alta qualidade dentro de um orçamento claro. Em Lagos, Nigéria, o BRT Lite foi o primeiro sistema completo lançado em 2008. Em Joanesburgo, a primeira fase do sistema foi lançada em 2009, com o objetivo de fornecer um serviço de transporte de alta qualidade e acessível para o Torneio de Futebol da Copa do Mundo para o ano 2010. Foi implantado um novo veículo de 18m em corredores troncais ao longo de corredores de ônibus pré-pagos e estações de embarque em nível de plataforma completamente separadas para melhorar o serviço de transporte (Walters, 2008). Duas outras cidades, Cidade do Cabo e Port Elizabeth, possuem sistemas BRT também.

4.2.6.1 Ghana

Em setembro de 2016, um sistema BRT, popularmente conhecido como Aayalolo, foi testado. O projeto buscou enfrentar os muitos desafios associados à prestação de serviços de transporte público. A linha de 22.3 km baseado em ônibus, faz parte de uma rede composta por seis linhas projetadas para oferecer serviços de transporte público urbano rápido, confortável e econômico nos doze distritos; cobrindo uma área de 1.494,4 km^2 aproximadamente um 40,4% da Região da Grande Accra. Apresenta um total de 245 ônibus por meio de um empréstimo garantido pelo governo às empresas de ônibus que pagam pela operação. O reembolso é feito através da retenção de uma proporção das taxas cobradas pelo serviço do empréstimo. Cada ônibus tem ocupação máxima 86 passageiros e está equipado com sistema de bilheteria eletrônica, receptores GPS, computadores de bordo, circuito fechado de televisão e sistemas de comunicação. Tem um total de 163,7 km e representa a rede mais longa da África. As seis rotas são servidas por doze rotas de ônibus arteriais, totalizando 168,3 km, com a rota mais longa sendo de 43,8 km (Ashaiman - Ring Road). O sistema é projetado para fornecer funções separadas para operadores de táxi e micro-ônibus existentes em uma rede universal e rádios de estratégia informal. Esses centros transportam o público que viaja de áreas residenciais para varejistas e distribuidores locais, usando os serviços informais existentes. Outras estações e terminais de ônibus de pequeno porte

localizados ao longo de estradas de distribuição locais e secundárias nos bairros, foram projetados para servir como o raio modal do sistema de transporte de pequena e média capacidade que alimentam o público que opera nas principais vias do BRT (Poku-Boansi & Marsden, 2018).

O uso do sistema de rede universal é para prever papéis separados, serviços e operadores de táxi existentes na rede para lidar com turbulências devido ao medo de perder meios de subsistência (Venter (2013); McLachlan (2010)). As operações ao longo do corredor piloto (Amasaman - Tudu) foram projetadas em três rotas com três operadoras de ônibus diferentes, todas empresas do setor privado responsáveis pela operação da gestão de ônibus. O pagamento do serviço é feito por meio de cartão eletrônico (Poku-Boansi & Marsden, 2018).

Devido a várias diferenças sociais, culturais, políticas e institucionais, é improvável que as experiências em países emergentes como: Colômbia e Chile; necessariamente se correlacionem com a experiência em países desenvolvidos como Estados Unidos, Canadá e alguns países europeus como a França. Uma das maiores diferenças entre os países emergente e desenvolvidos é o desequilíbrio entre a oferta e a demanda. Poucos estudos o fizeram e foram realizados sobre os possíveis impactos do BRT na economia de desenvolvimento, bem como evidências anedóticas de impactos positivos (Stokenberga (2014); Callaghan and Vincent (2007)). No Anexo 2 se mostra as contribuições mais relevantes dos sistemas BRT segundo os exemplos de sucesso das experiências internacionais que podem ser implementados no projeto do sistema BRT da cidade do Rio de Janeiro, assim como em qualquer região ou território independentemente que sejam emergentes ou desenvolvidos.

5 Caso de Estudo: Novas licitações do Projeto do BRT do Estado de Rio de Janeiro.

A Secretaria Municipal de Transportes da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (SMTR), tendo em vista a situação do sistema atualmente em operação, está preparando uma revisão estrutural do sistema de transporte público coletivo por ônibus da cidade, regido pelos contratos de concessão decorrentes da Concorrência nº CO 10/2010 vigentes a partir de 2010 até 2030 (com previsão da possibilidade de renovação). Dentre uma série de alterações, está sendo planejada a retirada do sistema BRT do atual contrato, seguida de uma nova concessão do sistema. Há uma deficiência na prestação do serviço de transporte público coletivo tanto no sistema convencional quanto no sistema BRT, que vem se agravando ano a ano em função do fornecimento de dados insuficientes para controle pelo poder concedente, sucateamento da frota, vandalismo e degradação das estações e queda no número de passageiros. Além desse contexto, a percepção dos usuários da má qualidade do serviço prestado também contribuiu para a necessidade do aprimoramento do sistema.

5.1 Antecedentes

5.1.1 A formação do Consórcio Operacional

O primeiro Contrato de Constituição do Acordo Operacional BRT foi assinado em 27 de junho de 2012 entre as empresas Expresso Pégaso e Auto Viação Jabour, integrantes do Consórcio Santa Cruz de Transportes e com a interveniência desse consórcio. O objeto do contrato era operar o BRT Transoeste na ligação entre Barra da Tijuca a Santa Cruz, Campo Grande, Guaratiba e Recreio dos Bandeirantes, regiões operadas por ônibus comum pelas empresas citadas antes da implantação do BRT. Para garantir a operação dos Corredores Transcarioca, Transolímpica, e Lote Zero da Transoeste, foi assinada uma Alteração do Contrato de Constituição do Consórcio BRT em 1º de janeiro de 2015, no qual outras quatorze empresas integrantes de três Consórcios das Redes de Transportes das Regiões por onde atravessam os corredores de BRT (Internorte, Transcarioca e

Santa Cruz), passaram a integrar o Consórcio Acordo Operacional BRT. A alteração de contrato previu que a operação dos serviços de transporte inerentes ao BRT seria desenvolvida pelas partes de forma integral ou proporcional, segundo o mercado atendido em cada região. O objeto do Consórcio Acordo Operacional foi a administração, operação, manutenção, gerência das despesas e prestação de serviços do sistema BRT. As consorciadas assumiram as obrigações de prover e manter o BRT, contribuir para as despesas e investimentos do consórcio e zelar pela utilização do mesmo.

5.1.2 O início da operação dos corredores

A primeira foi a Transoeste, teve o primeiro trecho inaugurado em 2012, ligando a Barra da Tijuca a Santa Cruz, na Zona Oeste do município. Em seguida foi executada a ampliação do corredor para Campo Grande e Paciência e, em agosto de 2016, foi implementado o chamado Lote Zero, estendendo o corredor até a conexão com a Linha 4 do metrô, no terminal Jardim Oceânico. Por outra parte, a Transcarioca foi a segunda inaugurada em 2014, por ocasião da Copa do Mundo no Brasil, fazendo conexão entre o terminal Alvorada e o Aeroporto Tom Jobim. Integra com a Supervia, nas estações Madureira/Manacéia e Olaria e, com a Linha 2 do metrô, na estação Vicente de Carvalho. A terceira foi a Transolímpica, inaugurado em agosto de 2016, este corredor possui 18 estações (13 operantes e 5 inoperantes), e três terminais (Jardim Sulacap, Centro Olímpico e Recreio).

5.1.3 A Intervenção de 2019

O interventor nomeado pela Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro assumiu o controle do sistema BRT no período de 29 de janeiro a 29 de julho de 2019. A intervenção imposta incluiu a assunção do controle dos veículos, garagens e do acervo técnico, além de todos os aparatos tecnológicos e físicos necessários à operacionalização do sistema, com consequente abertura de contas bancárias para gestão de valores. Nesse instante foi sugerido: a realização de uma licitação de todo o sistema BRT, reconstrução da pista Transoeste e recuperação de estações, introdução de ônibus elétricos no sistema, consolidação das mudanças contratuais efetuadas, implantação de segurança, maior vigilância e patrulhamento dos espaços de embarque e desembarque, e a contratação de policiais militares, dentro do

Programa Estadual de Integração na Segurança; consolidação das novas premissas do plano operacional mensal e criação de uma agência reguladora específica e atuante para o transporte coletivo.

5.1.4 A Intervenção de 2021

Em 22 de março de 2021, por meio do Decreto Rio nº 48.645/2021, o prefeito decretou nova intervenção no sistema BRT que foi iniciada em 23 de março de 2021 para assegurar a adequação na prestação dos serviços, bem como o fiel cumprimento das normas contratuais, regulamentares e legais pertinentes e a fim de recuperar progressivamente as condições de sua prestação: regularidade, continuidade, eficiência e segurança. Ademais, prevê-se a realização de auditoria no sistema BRT e na empresa abrangendo todos os acordos, contratos e recursos arrecadados, assim como a avaliação dos bens, direitos e negócios da operação. Ao iniciar suas atividades, a equipe de intervenção estabeleceu como principal objetivo recuperar os ônibus danificados. A expectativa era que em setembro de 2021 esteja com uma frota operante de 241 ônibus. O cenário encontrado se caracterizou por dois elementos: o primeiro pela redução e sucateamento da frota, onde se pretende dos 120 ônibus em funcionamento se aumente para um total de 400 com a intervenção. E o segundo, má prestação do serviço ao cidadão, onde existia 46 estações fechadas e se pretende que vão abrir 37 novamente.

O modelo atual das concessões do serviço público de transporte coletivo na cidade do Rio de Janeiro concentra responsabilidades aos operadores, uma vez que abrange não só a execução do serviço, como também a provisão de frota, a bilhetagem eletrônica e a gestão dos terminais e estações. Além disso, também preveem os contratos em vigor que a operação do sistema BRT deve realizar pelas concessionárias do SPPO. Essa falta de segregação de responsabilidades torna o sistema de transportes vulnerável a falhas e descumprimentos contratuais pelas operadoras, com prejuízos à qualidade e efetividade dos serviços prestados à população. Diante desse quadro de reiterada inexecução contratual pelos concessionários é que se encontra hoje o sistema de transporte em geral e o sistema BRT em particular. O modelo atual não propicia um adequado poder de regulação direta. A execução contratual e a aplicação de multas não são conduzidas junto à

SPE, mas sim junto aos consórcios que são signatários do contrato de concessão junto ao Município.

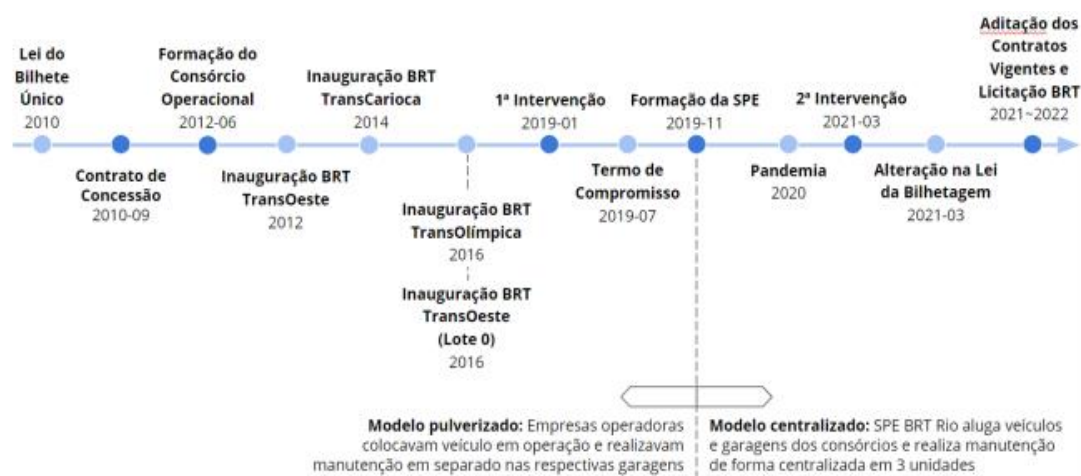


Figura 1- Histórico do sistema BRT no Rio de Janeiro.

Fonte: Estudo Técnico Preliminar da Prefeitura de Rio de Janeiro.

5.2 Encaminhamento Feito

Como o sistema BRT é parte integrante dos contratos de concessão hoje vigentes, a SMTR analisou três caminhos para efetuar as alterações contratuais: Caminho 1 (caducidade / nova concorrência), Caminho 2 (alteração unilateral dos contratos) e Caminho 3 (alteração bilateral dos contratos). Foi seletivo o caminho 3 no qual a decisão negociada e consensual, mitigando os riscos de judicialização e regulatório, na medida legal possível. Apresenta uma licitação da bilhetagem, com manutenção da atividade do serviço concedido: operação dos ônibus. Além de contar com um maior potencial de adequação qualitativa da modelagem do serviço concedido ao estado da arte da técnica, com separação de responsabilidades, na medida legal possível. Foi razoável a alteração contratual desde que ficou demonstrado que essa modificação é a melhor maneira de se atingir o interesse público (análise de custos, benefícios e consequências pelo administrador público), que não se transfigure o objeto do certame com essa alteração pretendida e por fim, que o equilíbrio econômico-financeiro do contrato seja mantido.

5.3 Novo Modelo de Gestão para o Sistema BRT

A partir dos casos de sucesso internacionais, em especial Colômbia e Chile, foram avaliados os modelos visando a adaptação dos pontos positivos daquelas

experiências à realidade do município do Rio de Janeiro, com vistas à modelagem da licitação.

Como visão do projeto, pretende-se que, em dezembro de 2024 o Rio de Janeiro tenha um sistema BRT de qualidade, eficiente, seguro e resiliente. O sistema vai funcionar como estruturador do sistema de transporte público municipal sobre pneus de forma integrada ao VLT, almejando no futuro contar com integração metropolitana multimodal efetiva (física, tarifária e operacional), com o transporte aquaviário na Baía de Guanabara, com a supervia, o metrô e os dois aeroportos da cidade. A licitação do sistema BRT estará inserida em quadro regulatório que atraia investidores, garanta transparência de dados, proporcione efetivo controle público, modicidade tarifária para a população e segurança jurídica/ sustentabilidade financeira para todos os provedores de capitais e serviços.

Se pretende a aquisição de veículos tipo ônibus articulado para provisão de frota a ser empregada no serviço público de transporte coletivo no sistema BRT, dividido em 2 (dois) lotes. Esta contratação se justifica pela necessidade de o Município do Rio de Janeiro requalificar e expandir o sistema, garantindo a qualidade e confiabilidade do serviço prestado para os cidadãos, sendo a provisão de novos veículos um passo essencial para esse fim.

Com a licitação os objetivos gerais são os seguintes: assegurar o controle sobre a frota ofertada, garantindo atendimento à demanda e capacidade de renovação e modernização da frota. Separar de forma eficaz as responsabilidades e os riscos do sistema, de forma a aperfeiçoar sua gestão, alinhar incentivos e aumentar o poder regulatório por parte da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Maximizar a satisfação dos usuários de modo a atraí-los e retê-los no sistema de transporte público. Garantir acessibilidade universal nos veículos do sistema de BRT. Viabilizar inovações tecnológicas priorizando o conforto dos usuários. Por último, buscar a participação de empresas robustas e técnica em prol da sustentabilidade e qualidade do serviço.

Os objetivos específicos são apresentados a continuação:

- Melhoria do serviço prestado com mais veículos, menos lotação e intervalos menores.
- Requalificação e expansão do sistema com mais organização e controle de qualidade

- Separação de responsabilidades e aposta na especialização, com o qual se pretende os seguintes elementos:
 - a) Nova frota de ônibus de vários tamanhos para ter uma maior flexibilidade para a comparação.
 - b) Reabrir a terminal de TransBrasil e fazer várias conexões entre TransOlimpica-TransOeste e TransOlimpica-Transcarioca, além da pavimentação total da TransOeste e das obras nas estações que foram subvencionadas.
 - c) A principal inovação é a separação entre a provisão da frota e a operação da mesma frota.

5.3.1 Avaliação de Alternativas

Inicialmente, foram avaliados dois tipos de modelos de contratação para a licitação: integral e separado. No modelo integral, apenas um licitante será responsável pela provisão e operação dos veículos do sistema. No modelo separado, presume-se um licitante para a provisão de frota e outro para a operação do lote ou de cada corredor. No entendimento da SMTR, o modelo separado apresenta uma série de vantagens e minimiza os riscos encontrados quando um mesmo licitante fica responsável pelas duas atribuições. Além disso, considera-se que esta alteração de modelo se faz necessária de forma a reduzir a possibilidade de incorrer nos mesmos erros que levaram a insustentabilidade e baixa qualidade de serviço que o sistema oferece atualmente.

A avaliação das alternativas foi feita pelas experiências e referências internacionais de: Londres, Singapura, Bogotá e Santiago, as quais indicam a factibilidade da separação entre a concessão da operação do sistema e a da provisão da frota. Por tanto, na gestão pública se leva em consideração duas licitações: uma para a provisão de ônibus e outra para os operadores privados, com o objetivo de buscar a separação das responsabilidades e concessionários específicos para cada função.

O modelo antigo consistia em uma concessão integral sem garantias financeiras, onde o SMRT levava em conta o sistema SPPO, bilhetagem digital, provisão de frota, operação, terminais e estações e garagens. Pelo contrário, o modelo novo é uma concessão dividida, com garantias financeiras e melhor

alocação de riscos. O SMTR não carrega todas as obrigações, só a do Bilhetagem Digital. O PCRJ leva em conta o Tesouro, e todo em conjunto responde a uma Câmara de Compensação Tarifária que considera o sistema BRT com a locação da frota e a concessão da operação do BRT, e por separado o sistema SPPO. Se realiza uma segmentação do mercado, que permite equilibrar as contas deficitárias y superavitárias oferecendo uma saúde financeira para o sistema como um todo. Também se separa o BRT do SPPO, porque são sistemas diferentes, com custos distintos e características de operação diversas, motivo pelo qual precisam de concessões desiguais.

A SMTR optou por reestruturar o sistema BRT separando a provisão de frota da operação dos serviços à população de forma a minimizar os riscos encontrados quando uma mesma contratada concentra as duas atribuições, entre eles, o risco de colapso integral de serviços essenciais. De fato, com o modelo separado, é possível: um maior nível de especialização em tarefas designadas, com atração de atores especializados em cada uma das atividades a serem prestadas; reduzir o risco de dependência de poucos atores por meio da segmentação do mercado; aumentar a competitividade, com exploração de novos modelos de negócio e oportunidades de parcerias para apresentação de propostas, e; garantir de forma mais eficaz a continuidade na provisão de serviços. Cabe ainda frisar que, considerando que a disponibilidade de garagens se trata de providência crucial para garantir a competitividade do certame e a retirada de barreiras de entrada, a Prefeitura também organizou a disponibilização de terrenos a serem utilizados como garagens do sistema.

A mudança estrutural está baseada em três licitações. A primeira a Bilhetagem Digital que transmite transparência, garantia financeira e resolve problemas judiciais. A segunda a provisão da frota que oferece uma nova frota, novos ônibus e limite de vida útil. E a terceira, a operação do sistema. Com esta transformação estrutural deve existir saúde financeira para comprar a frota de ônibus e alugar para o município. Ao mesmo tempo que traz outra novidade, pois o município neste caso dá as garagens públicas. E dizer, se atrai um operador que pode ser de fora ou de dentro do Estado de Brasil, porque não precisa ter garagens no país para ser competitivo na operação. Com isso, acontece uma segmentação e se ocasiona mais competitividade para o setor de transporte.



Licitações	Tipo de Ator	Escopo de Responsabilidades (observado em Bogotá e Santiago)
 Provisão de Frota BRT	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricantes • Encarroçadoras • Empresas de Energia • Fundos de Investimento e Gestoras de Ativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Provisão de Frota BRT • Adequação Garagens (garagens providas pela Prefeitura) • Supervisão de Manutenção
 Operação de Frota BRT	<ul style="list-style-type: none"> • Operadores de Ônibus • Operadores de Transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Operação BRT • Manutenção de Frota

Figura 2- Atores e Responsabilidades

Fonte: Estudo Técnico Preliminar da Prefeitura de Rio de Janeiro.

Assim, novas alternativas tiveram que ser avaliadas para viabilizar o modelo separado no município do Rio de Janeiro. Cabe ressaltar, que alguns pontos de potenciais fragilidades econômicas e jurídicas foram levantados em relação ao modelo sugerido, em especial: a necessidade de mitigar risco de interrupção e retirada do serviço em caso de não pagamento do município (não-reversibilidade de bens); que a impossibilidade de usar recursos tarifários pode diminuir atratividade do certame, e; o potencial de maiores encargos tributários. Quanto ao primeiro ponto, notou-se que o modelo de aluguel minimiza o risco de não pagamento por parte da Prefeitura, uma vez que o provedor poderia rescindir o contrato mais facilmente, tornando o custo político de não pagar mais alto. Em relação à impossibilidade de utilização dos recursos tarifários para pagamento de obrigações, entende-se que serão necessárias garantias líquidas bem estruturadas para garantir a atratividade do certame. Diante de todo o exposto, a SMTR optou por realizar a licitação para provisão da frota utilizando o modelo jurídico de contrato de aluguel por meio da Lei federal nº 14133 de 1º de abril de 2021, a nova Lei de Licitações, e uma outra licitação para o operador da frota utilizando o modelo jurídico de concessão comum ou patrocinada. Por tanto, o SMRT em um primer instante leva a cabo as garagens públicas através de uma concessão comum com o operador da frota, o qual é responsável por instalar a infraestrutura de garagens, operar as frotas e a manutenção da frota. Em um segundo instante, faz o aluguel através da Lei nº 14133 com o locador da frota, o qual é responsável por alugar a frota e inspecionar a manutenção do operador.

Referente aos equipamentos e sistemas embarcados apresenta: telemetria e GPS para análise de desempenho, vídeo-monitoramento, piloto automático para distanciamento dos veículos à frente, limitador de velocidade por GPS, bloqueador de portas abertas, segurança e interface com o condutor e painéis de informação para o usuário. Faz uso geral de uma tecnologia completamente equipada para evitar acidentes, quebra da frota e segurança dos usuários. A manutenção está composta da seguinte forma: um programa de manutenção fornecido pelo locador de frota e uma supervisão da manutenção, onde o operador realiza manutenção e o locador inspeciona periodicamente. Após os dois processos podem acontecer dois cenários: o ônibus é aprovado e o veículo fica disponível para operação ou o ônibus é reprovado, e os quilômetros rodados pelos veículos serão descontados da remuneração. Por tanto, a manutenção é peça chave do sistema, que se divide entre o operador e o locador, enquanto a Prefeitura só paga o aluguel dos ônibus aprovados.

5.3.2 Avaliação de Alternativas com o Mercado

Foi empreendida uma prospecção de empresas junto a diversos atores de mercado por meio de encontros em separado, para entender a percepção dos mesmos em relação ao modelo que está sendo estruturado para a licitação. As consultas contemplaram fabricantes de chassis, investidores, montadoras de ônibus, empresas do setor de energia elétrica e operadores. A partir disso, se conta com a colaboração confirmada das seguintes empresas:

Categoria	Empresa	Origem
Fabricantes Diesel	Volvo	Europa
	Mercedes Benz	Europa
	Scanla	Europa
Fabricantes Elétricos com presença e interesse no Brasil	BYD	China
	Higer	China
	Foton	China
	Eletra	Brasil
Encarroçadoras	Marcopolo	Brasil
Empresas Energia Elétrica	Engle	Europa

	Enel X	Europa
Operador	CCR	Brasil
	Transdev	Europa
	Ascendal	Europa
	Mobibrasil	Brasil
	Comporte	Brasil
Estruturador Financeiro	Transfondo	Colombia
	ARC Global Fund	EUA

Tabela 1- Prospecção de Empresas

Fonte: Estudo Técnico Preliminar da Prefeitura de Rio de Janeiro.

Para dar conta dos objetivos assumidos pela PCRJ de diminuição das emissões de gases de efeito estufa, a atual gestão nos inícios envidou esforços enfáticos no sentido de entender os passos necessários à eletrificação gradativa da frota a ser oferecida para os serviços existentes e para aqueles em estudo. Os custos dos concessionários mudarão de acordo com a tecnologia utilizada, porém apenas alguns dos componentes de custos são impactados como, por exemplo, o custo de combustível (Diesel ou Elétrico), lubrificantes (apenas Diesel) e peças e acessórios (Diesel ou Elétrico). Já os outros custos não possuem relação com a tecnologia usada e, por isso, são considerados como iguais. O custo geral por quilômetro do veículo elétrico é mais de 30% menor que o custo por quilômetro do veículo Diesel. Por outro lado, o custo de aquisição do veículo elétrico é bem superior ao custo do veículo Diesel. Assim, o custo de capital da frota apresenta um valor bem superior para o elétrico em comparação ao Diesel. Ao adicionarmos o custo total operacional ao custo de capital, o veículo diesel se mostra mais econômico em relação ao veículo elétrico, com custo total por quilômetro de R\$ 8,10 e R\$ 8,58, respectivamente.

Existem hoje duas grandes barreiras para adoção de veículos elétricos no sistema BRT pelo qual foi descartada a iniciativa, e se manteve somente com a opção de veículos Diesel. Em primeiro lugar, destaca-se que a maior barreira ainda é seu custo de aquisição, sobretudo a imensa carga de tributos incidentes, apesar de seu custo ao longo dos anos trazer vantagens. Em segundo lugar, não apresenta rentabilidade operacional no projeto.

5.3.3 Responsabilidades de Interface entre Provedor-Operador

Nos modelos de separação entre provisão e operação, sugere-se usualmente que haja um contrato entre ambas partes regendo os riscos de interface. Em geral, esse contrato não prevê remuneração e deve abordar as seguintes questões: coordenação da supervisão do processo de licenciamento e cadastro de frota pelo provedor, recebimento da frota pelo operador, acompanhamento pelo provedor das rotinas de manutenção do operador e qualquer modificação no manual de manutenção. Também gestão dos relacionamentos com seguradoras que emitiram o seguro exigido pelos contratos de concessão para cobrir eventos de responsabilidade civil extracontratual e reclamação de qualidade dos equipamentos. Condução dos relacionamentos com o fabricante e a encarregadora e das garantias de fábrica, administração de riscos e respectivos impactos econômicos entre partes, mecanismos de resolução de conflitos e, por último, gestão do processo de retomada da frota, em caso de término antecipado do contrato com o operador por descumprimento contratual.

5.3.4 Aspectos Técnicos e Operacionais

5.3.4.1 Definição da Frota

De maneira geral, essa atribuição se dá a partir da definição dos tamanhos de veículos desejados e dos intervalos operacionais estipulados. Contudo, devido à natureza do mercado de veículos articulados e às limitações de infraestrutura no sistema BRT existente, essa tarefa se tornou mais complexa. Através de pesquisa de mercado, identificou-se que os veículos articulados disponíveis para fabricação são de tamanhos variados de acordo com o fabricante. Dessa forma, a escolha de um tamanho específico de articulados para cada lote implicaria no direcionamento da licitação para fabricantes específicos. A primeira alternativa para contornar o potencial direcionamento seria abrir a licitação para qualquer tipo de veículo, a partir da definição do número desejado em cada cenário. Entretanto, o comprimento das estações do BRT existente não permite que seja feito sem comprometer o conforto do usuário, porque na TransCarioca, TransOeste e TransOlímpica, quase a totalidade das estações não possuem 5ª porta para operação de ônibus 23m, dificultando o embarque e desembarque de passageiros.

Para mitigar a limitação de tamanho dos veículos nos lotes, sugere-se a efetivação do projeto do módulo expresso, que prevê espaço para uma porta nas

estações. As intervenções necessárias são: beiral em concreto de acesso a plataforma na 5ª porta que permite porta no fechamento e pequenas adequações para a fixação do mecanismo da porta automática. E para aumentar a competitividade, contornar o risco de direcionamento e garantir a eficiência operacional, são desenvolvidas opções de combinação de porte de veículos, denominado pacotes preestabelecidos na licitação. A ideia é que os pacotes sejam composições equivalentes de produtos de diferentes fabricantes e se adequem às demandas operacionais de cada lote.

Referente a classificação os veículos de transporte coletivo urbano de passageiros empregados no sistema BRT devem ser do tipo ônibus. Os veículos são classificados de acordo com sua classe e sua tecnologia, considerando-se ainda as características técnicas e operacionais dos serviços onde são utilizados. Na definição quanto à classe, deve ser adotado o seguinte padrão: veículos articulados (modalidades A, B e C). Na definição quanto à tecnologia, deve ser adotado tecnologia de motor de tração Diesel na atual fase.

Tipo	Classe Sistema BRT	Tecnologia
Ônibus	Articulado Modalidade A	Diesel
	Articulado Modalidade B	
	Articulado Modalidade C	

Tabela 2- Descritivo das classes e tecnologias veiculares solicitadas.

Fonte: SMRT – BRT Adquisição_Edital

Respeito as **características técnicas**, de forma geral, todos os veículos utilizados no sistema BRT devem ser novos, atender integralmente os requisitos previstos na NBR 14.022/2011, NBR 15.570/2021 e NBR 15.646/2016 e suas atualizações e possuir: piso alto, sistema de ar condicionado, sistema de direção hidráulico ou equivalente, suspensão pneumática, sistema de transmissão automático, sistema de freio com retardador de velocidade acoplado, conjugado com o pedal do freio ou do acelerador, câmbio automático e desempenho conforme NBR 15.570/2021.

A **dimensão** máxima (cota A) dos veículos do sistema BRT e a **capacidade** mínima de cada classe de veículo é disposta na tabela seguinte. A capacidade é calculada conforme ABNT 15.570/2021 e é tolerada uma margem de 5% na capacidade mínima.

Tecnologia	Classe Sistema BRT	Tamanho	Capacidade Mínima
Tração Diesel	Articulado Modalidade A	Entre 18 e 19 metros em sistema 6x2 ou 6x8.	130 passageiros
	Articulado Modalidade B	Entre 20 e 21 metros em sistema 6x2 ou 6x8	170 passageiros
	Articulado Modalidade C	Entre 22 e 23 metros em sistema 6x2 ou 6x8	190 passageiros

Tabela 3- Características de cada classe-tecnologia de veículo

Fonte: SMRT – BRT Adquisição_Editado

Os veículos podem variar o comprimento desde que atendam a sincronização das portas entre veículos e estações e possibilite a parada em duas posições simultaneamente conforme serviços atendidos e desde que seja aprovado pela SMTR. A largura externa dos veículos é de até 2,60 metros, conforme previsto na NBR 15.570, exceto com a projeção dos espelhos, que poderá chegar a 3,10 metros segundo o mostrado no Anexo 2.

O **projeto de layout** interior dos veículos para o sistema BRT deve atender às condições e diretrizes previstas na NBR 15.570/2021, 15.646/2016 e 14.022/2011, seguindo as especificações do Anexo 3. O layout interior e projeto da carroceria podem ter distribuição de assentos e portas de forma distinta, de acordo com o modelo de chassi e posicionamento de componentes (tanque de combustível, posição do motor) e caso sejam verificadas possíveis complicações técnicas para a operação, os usuários ou as estações e terminais, devendo passar por prévia aprovação da contratante.

Como forma de resumo das opções de **modelos de veículos e dimensões**, indicadas no Anexo 4, representam a faixa de variações que poderão ocorrer nas diversas configurações dos veículos em função da tecnologia disponível dos vários tipos e fornecedores de chassis e de carrocerias. Importante notar que algumas dimensões indicam uma faixa de variação considerada necessária em função dos diversos modelos e configurações de chassis e carrocerias.

A **manutenção** da frota disponibilizada é de responsabilidade do operador, ficando a cargo da contratante em caso em que este não estiver designado, os quais devem realizar todas as atividades de caráter corretivo e preventivo e demais tarefas de inspeções e troca de peças, seguindo as normas técnicas vigentes, incluindo normas de segurança e de descarte de resíduos, e arcando com os custos associados.

5.3.4.2 Modelo de Loteamento da Licitação

O sistema BRT é dividido em lotes para permitir menor dependência de ator único, maior redundância, competitividade e melhoria contínua. Cada lote é agido por apenas um operador e tem apenas um agente de provisão de frota, garantindo que as garagens abriguem um mesmo tipo de tecnologia de frota. Dessa forma, caso haja criação de novos corredores pode-se abrir nova licitação para a escolha de operador e provedor específicos para aquele serviço. Por outro lado, torna-se mais complexa a gestão operacional, sobretudo a operação de serviços inter-corredores, porque o sistema possui forte caráter de integração. Os serviços não são exclusivos a cada corredor, sendo comum que um mesmo veículo percorra dois ou mais corredores. Assim optou-se por lotear o sistema a partir dos serviços, e não dos corredores. Em outras palavras, a definição dos lotes se deu analisando os serviços que poderiam partir de cada garagem, em busca do menor km ocioso e da factibilidade operacional.

A vantagem é que o operador não é dono ou único utilizador do corredor, está compartilhando o uso da infraestrutura com outros operadores, facilitando a operação inter-corredores e, conseqüentemente, priorizando a eficiência operacional do sistema. Assim os serviços foram sendo alocados a cada um dos lotes, respeitando conclusões de experiências internacionais que indicam ideal haver um operador por garagem, responsável por 150 a 250 veículos. Desta forma, pode haver serviços específicos que atendem corredores diferentes dos listados na tabela seguinte:

Escopo	Lotes	Corredores Atendidos pelos Serviços partindo do Lote
Sistema de BRT Atual	Oeste	TransOeste
	Cidade Universitária	TransCarioca e TransBrasil
BRT TransBrasil	Deodoro	TransOlímpica, TransOeste (Lote 0) e TransBrasil

Tabela 4- Lotes para Licitação do Sistema BRT

Fonte: Estudo Técnico Preliminar da Prefeitura de Rio de Janeiro.

A aquisição de ônibus é dividida em lotes, para os quais a contratada deve disponibilizar veículos novos, do mesmo fabricante e encarroçador, seguindo a classe e tecnologia do veículo especificado. Para que a contratada realize o fornecimento de ônibus, a contratante deve realizar uma exigência formal por meio

de uma ordem de serviço, indicando o número de ônibus requeridos por classe-tecnologia e respectivos prazos para entrega, estipulando as entregas conforme detalhado a seguir:

ID Lote de Aquisição	Classe-Tecnologia	Quantidade de Veículos e prazos de entrega			
		Entrega em 31/10/2022	Entrega em 31/10/2022	Entrega em 31/10/2022	Total
A	Articulado Mod. B Diesel	15	57	-	72
	Articulado Mod. C Diesel	24	3	74	101
	Total Lote A	39	60	74	173
B	Articulado Mod. A Diesel	20	-	-	20
	Articulado Mod. B Diesel	22	92	-	114
	Total Lote B	42	92	-	134
Total Geral		81	152	74	307
Total Acumulado Geral		81	233	307	-

Tabela 5- Quantitativo e cronograma de entrega da frota

Fonte: SMRT – BRT Aquisição_ Edital.

5.3.4.3 Disponibilização de Garagens para Lotes

Atualmente, a SPE BRT Rio utiliza 3 (três) garagens para atender aos 3 (três) corredores existentes. No modelo a ser implantado, os terrenos das novas garagens são disponibilizados pela PCRJ e os vencedores da licitação de operação são os responsáveis por fazer a adequação dessas garagens. Como regra geral, o modo de adequação das garagens está relacionado com a tecnologia adotada e demais especificações da frota, conforme definido pelos respectivos fabricantes. A implantação de garagens deve atender a todas as normas ambientais e prever logística reversa para minimização do impacto ambiental das contratações. Para a escolha das locações foram considerados a titularidade do terreno, a quantidade de ônibus e a área total.

O projeto das estações para os corredores Transcarioca, Transoeste e Transolímpica foi desenvolvido com 5 tipologias e 5 estações especiais que se

diferenciam pelas dimensões, modo de acesso, número de módulos e disposição das portas de embarque e desembarque. A Figura a seguir apresenta todas as estações do sistema por tipologia:



Figura 3- Mapa de tipologia arquitetônica de estações do sistema BRT
Fonte: Elaboração SMRT.

Uma determinada tipologia de estação pode variar quanto ao modo de acesso dos usuários, possibilidade de paragem dos veículos, dimensão e geometria das rampas. As dimensões e características das tipologias e o número de estações por tipo e por corredor, são apresentados no Anexo 5. Os croquis representam de modo simplificado os diferentes tipos de estações, as distâncias entre eixos estruturais e a localização das portas.

5.3.5 Modelo de Remuneração

5.3.5.1 Modelo de Remuneração do Operador

O modelo desenvolvido todo este tempo de remuneração do sistema BRT, baseado exclusivamente na tarifa, configura uma das causas fundamentais para a deterioração do sistema. Isso acontece, pois, os operadores de transporte otimizam sua operação, buscando maximizar receitas e minimizar custos, o que, na prática, impõe uma priorização de linhas com maior arrecadação tarifária (maior demanda) em detrimento da manutenção da disponibilidade de serviços em todo sistema. No caso do sistema BRT a situação é ainda mais crítica uma vez que a tarifa que consiste na única fonte de remuneração é a mesma que do sistema convencional,

embora haja uma série de custos adicionais como manutenção, limpeza e segurança de estações.

Sendo assim, o principal objetivo do modelo de remuneração do operador deve ser garantir a qualidade e consistência de todos os serviços planejados pela SMTR, independentemente de sua rentabilidade tarifária, e gerar ainda uma estrutura de incentivos em prol da eficiência de custos, atendimento à demanda, qualidade do serviço e cumprimento de indicadores operacionais. Para isso, sugere-se a adoção do modelo de remuneração por serviço prestado, no qual a maior parcela da remuneração do operador é determinada pela quantidade de quilômetros operacionais percorridos e a qualidade do serviço prestado, medida por indicadores operacionais. Adicionalmente, para introduzir um incentivo ao atendimento à demanda, aconselha-se uma remuneração fixa por passageiro transportado, representando a menor parcela da remuneração. Tal remuneração equaliza o resultado econômico das diversas linhas que compõem a operação, viabilizando a manutenção de um padrão mínimo de oferta de serviços. A qualidade do serviço prestado também integra essa parcela da remuneração. Tem-se assim um modelo onde a remuneração corresponde ao volume de serviço realizado e medido. A segunda, e menor, parcela do operador está associada à demanda e arrecadação tarifária do sistema. Essa é determinada a partir da fixação de uma tarifa por passageiro pelo poder concedente, que se multiplica pelo total de passageiros transportados no sistema.

A remuneração atual do operador é por passageiro pagante, que incentiva a superlotação. A estipêndio proposto entrelaça a parcela base de custo do serviço contratado, penalidades e incentivos do serviço executado e incentivo de produtividade (demanda e ganho de eficiência). Fazendo uma comparação, a remuneração atual gera vários incentivos negativos. O concessionário ganha mais se estiver menos ônibus rodando, gasta menos serviço e coloca mais pessoas no ônibus. Além da competição do passageiro que é ruim para o sistema. Sair para um novo modelo onde a parcela base é o custo do serviço, se paga o custo por km, se desconta as penalidades e se leva em conta o valor por passageiro para ter o incentivo de trazer mais pessoas para o sistema. Quanto melhor o serviço prestado, mais pessoas e usuários se atraem. A Prefeitura gera incentivos diferentes e se tira do operador o risco de demanda (pelo menos uma redução), porque sempre vai

receber pelo custo do km. Também se coloca como um garantidor da operação, assegurando a frota e o serviço prestado independente do choque de demanda.

5.3.5.2 Remuneração do Provedor

Dada a matriz de responsabilidades do provedor, sua influência sobre a qualidade da operação é quase nula, devendo somente fornecer os veículos conforme critérios pré-estabelecidos pela administração pública. Sendo assim, o modelo para sua remuneração é bastante simples, e pode ser entendido fundamentalmente como uma amortização mensal do investimento realizado na aquisição de frota, na forma de um aluguel.

O provedor de frota é remunerado através de uma contraprestação fixa, determinada pelo menor valor de aluguel ofertado na licitação. Para efeitos de estudo, esse valor pode ser estimado a partir da definição de uma Taxa Interna de Retorno minimamente atrativa para o investimento realizado na aquisição e disponibilização da frota ao longo de todo o contrato. Para isso, são ponderados os custos do capital envolvido no financiamento da frota, os custos administrativos do provedor (incluindo despesa com pessoal de supervisão de manutenção, de seguro obrigatório, de taxa de licenciamento, IPVA e seguro de responsabilidade civil), considerando ainda os riscos e custos de oportunidade associados às atividades do provedor.

5.3.6 Projeções Financeiras

Foram desenvolvidos dois modelos econômicos, o primeiro para a estimativa dos custos totais da operação do sistema (Modelo de Custos) e, o segundo, para projeção dos fluxos de investimentos, receitas e despesas ao longo de todo o prazo da concessão (Modelo Financeiro), para ambos agentes do sistema. O Modelo de Custos agrega os itens de despesa operacional do sistema BRT em dois grupos: custos variáveis e custos fixos. O primeiro se refere aos custos que dependem diretamente da intensidade da operação dos serviços de ônibus, ou seja, dependem da quantidade de oferta do serviço, medida pelo total de quilômetros rodados em todo o sistema. Já o segundo grupo se refere aos custos que se mantêm constantes para todo nível de operação, independentemente de variações na quantidade de

oferta dos serviços. De forma sintética, a tabela a seguir detalha os grupos de custos, apresentando os principais itens que os compõem:

Grupo	Itens do Custo	
Custos Variáveis	Combustível	
	Lubrificantes	
	Rodagem	
	Peças e Acessórios	
Custos Fixos	Pessoal	Operação
		Manutenção
		Administrativos
	Custos da Reserva Técnica	Peças e Acessórios
		Depreciação
		Remuneração
	Despesas Administrativas	Seguro Obrigatório
		Outras despesas

Tabela 6- Modelo de Custos do Sistema BRT

Fonte: Estudo Técnico Preliminar da Prefeitura de Rio de Janeiro.

Os custos variáveis são calculados através da multiplicação dos fatores de consumo de cada item pelo seu preço de mercado e, em seguida, pela quilometragem total programada para o sistema. Os custos fixos de pessoal são estimados considerando fatores de utilização de mão de obra relativos à operação planejada, salários e benefícios derivados da convenção coletiva de trabalho, e alíquotas de encargos sociais de referência. No âmbito da reserva técnica e despesas administrativas são consideradas uma proporção fixa dos custos totais, estimada através de referências nacionais.

O Modelo Financeiro por sua vez, tem por objetivo estimar os fluxos de caixas anuais dos concessionários ao longo de todo prazo de concessão, permitindo avaliar a viabilidade financeira de diferentes cenários; incluindo alterações de prazo, compartilhamento de demanda, modelo jurídico escolhido, taxa interna de retorno ou mark-up prospectadas. Também é útil para estimar os valores de contraprestação anual das concessões, considerando inclusive a arrecadação tarifária do sistema, sendo passo essencial para projeção dos subsídios. Pelo lado das receitas se aprecia a contraprestação fixa associada ao preço/km operacional, bem como uma parcela de receita tarifária do sistema. Considera-se ainda a entrada de receitas acessórias associadas a potenciais ações de publicidade. No âmbito das

despesas, a parcela mais significativa do modelo do operador é a dos custos operacionais, cujas estimativas são obtidas através do modelo de custos. Além disso, são estimadas as despesas associadas aos seguros e tributos. Por sua vez, o provedor tem como única fonte de receita a contraprestação mensal relativa ao aluguel do veículo e despesas administrativas.

5.3.6.1 Memória de Cálculo

A modelagem financeira da concessão do sistema se inicia com o planejamento operacional do sistema, de onde se obtém nível de serviço para o operador e o número de veículos que serão demandados do provedor. A partir dos valores de nível de serviço (km total), o modelo de custos estima o total dos gastos operacionais do sistema. Em seguida, dividindo a totalidade dos custos pelos quilômetros operacionais, chega-se em uma estimativa do custo por quilômetro (Custo/km) do sistema.

Tal remuneração por km é apenas uma parcela da remuneração total do operador, estando a segunda parcela diretamente relacionada às receitas tarifárias do sistema. Sendo assim, para estimar o fluxo de caixa precisamente, seria necessário considerar uma projeção de demanda. Como está ainda não está finalizada optou-se por realizar esta análise preliminar considerando uma única fonte de receita para o operador: a remuneração por km. Dessa forma, o modelo financeiro é capaz de determinar uma contraprestação para todo período de concessão, ponderando as despesas e as receitas a longo prazo.

5.3.6.2 Estimativas de Subsídio

Uma vez estimados os valores de contraprestação anual, é possível estimar a diferença entre seu custo total (provisão e operação) e sua arrecadação total (receita tarifária), representando o potencial superávit ou subsídio a ser aportado ao sistema. O custo total do sistema para a Prefeitura equivale exatamente à soma das contraprestações do provedor e do operador da frota nos dois lotes. Já a arrecadação tarifária depende da projeção da demanda do sistema. Complementando a análise, considerou-se ainda o potencial efeito de uma redução de demanda persistente devido à pandemia de COVID-19. Assim, basta calcular a diferença entre a soma das contraprestações e a estimativa de arrecadação do sistema, para se chegar na

estimativa de subsídio. Importante ressaltar que os valores de custo de operação são constantes ao longo dos anos, porque, tirando eventuais reajustes, o provedor vai sempre receber o valor de sua contraprestação fixa. Por sua parte, a receita do operador pode eventualmente oscilar com variações na demanda do sistema ou com alterações no km total demandado pela SMTR. Também se pressupõe quilometragem constante ao longo dos 10 anos e remuneração 100% associada ao custo, por isso há probabilidades dos valores serem constantes.

5.3.6.3 Formas de Custeio

Geralmente, a tarifa pública cobrada do usuário só pode ser usada para remunerar as concessionárias dos serviços públicos em que é cobrada. No entanto, o modelo jurídico prospectado para o novo sistema BRT, não permite que o provedor de frota seja considerado um concessionário de serviço público. Dessa forma, os recursos tarifários não podem ser usados no pagamento desse agente, de forma que todo custeio associado a provisão de frota deve-se dar a partir de recursos orçamentários da Prefeitura. Se considerou que o subsídio ao sistema seja direcionado quase integralmente para a atividade de provisão de frota. Esta opção pode tornar mais transparente o aporte do dinheiro público. Ainda assim, considerando que talvez haja eventual déficit na operação do sistema, deverá ser prevista a possibilidade de introdução de subsídio para manutenção desta atividade também.

5.3.6.4 Implantação e transição

A opção da Prefeitura para o novo modelo proposto é de que o mesmo seja composto por provisão de veículos modernos. Enquanto o novo modelo não entra em operação, a Prefeitura deve continuar alugando os ônibus e garagens do sistema BRT atual. Como os ônibus são considerados bens não reversíveis no contrato atual de concessão, caso o poder concedente queira utilizá-los, pode valer-se do instituto da requisição administrativa ou até mesmo efetivar uma desapropriação. Ressalta-se que há ainda grande parcela de veículos com idade inferior a 10 anos e aptos à operação, destacando-se que alguns podem não atingir essa vida útil em função das condições da infraestrutura.

5.3.7 Aportes atuais e futuros do novo sistema

O modelo novo proposto trai consigo várias inovações como: garagens públicas permitindo maior competitividade, um modelo de remuneração híbrido que considera demanda e prestação do serviço, separação entre provisão e operação permitindo atores especializados, além de múltiplos operadores para diminuir risco de descontinuidade. Tudo o anterior produz um conjunto de vantagens em paralelo as quais são: maior qualidade e conforto para usuários, redução da pressão sobre a tarifa, redução de exposição ao risco da demanda sobre operadores e maior controle do serviço pelo poder público. Se garante espaço para subsídios e diminuição do risco de demanda para os operadores, os quais sempre vão ter os custos cobertos. Além disso o sistema em geral se sai da lógica da multa para o operador, pois vai ser descontado diretamente da sua remuneração. Esse fato traz a Prefeitura muito mais poder de qualidade no sistema.

Para próximas futuras projeções em 2023 o sistema BRT se propõe e espera contar com: reformulações de terminais e estações (Santa Cruz, Curral Paso, Pingo de Agua, Magarça e Mato Alto), repavimentação do corredor TransOeste, conexão entre os corredores TransOlímpica e TransOeste, conexão entre os corredores TransBrasil e TransOlímpica, implantação do corredor TransBrasil com 18 estações e 4 terminais, e por último, implantação do terminal intermodal Gentileza.

6 Metodologia

A pesquisa é caracterizada pela interação investigativa - realidade, para uma maior aquisição de conhecimento e para ir além das manifestações observáveis ou mensuráveis dos fenômenos. Referente a metodologia de avaliação do projeto analisado se utilizou como instrumentos de coleta de dados a técnica de documentos e registros como forma de examinar os dados presentes em documentos existentes, por exemplo os bancos de dados fornecidos pela Prefeitura do Rio de Janeiro. Também como instrumento de diagnóstico dos dados coletados se fez uma análise descritiva que ajuda a observar o comportamento da amostra em estudo, neste caso o projeto do BRT em desenvolvimento da cidade do Rio de Janeiro, por meio de gráficos e tabelas. Ao mesmo tempo foram utilizados como métodos teóricos: Dialético – Materialista, Histórico – Lógico, Análise - Síntese e Análise Documental; e como métodos empíricos: experimental e medição.

Além disso, nesta seção é apresentada as principais técnicas de avaliação de investimento assim como as bases essenciais dos elementos que a compõem para uma melhor divisão do conteúdo.

6.1 Fluxo de Caixa e Fluxo de Caixa Descontado

Uma das mais importantes etapas do processo de análise de um investimento é a determinação dos fluxos de caixa para um projeto. Em Finanças, o fluxo de caixa refere-se ao fluxo do dinheiro no caixa da empresa, ou seja, ao montante de caixa recolhido e gasto por uma empresa durante um período de tempo definido, algumas vezes ligado a um projeto específico. Refere-se ao movimento de dinheiro no período passado, enquanto o orçamento é o seu equivalente para períodos futuros. É uma das ferramentas mais utilizadas pelas ciências contábeis, sendo um instrumento de gestão financeira que projeta para períodos futuros todas as entradas e as saídas de recursos financeiros da empresa, indicando como será o saldo de caixa para o período projetado. As entradas de caixas é todo o dinheiro que a empresa ingressa por sua atividade produtiva ou serviços, ou produto da venda de

ativos e subsídios. Pelo contrário as saídas de caixa é todo o dinheiro que sai da empresa e que é necessário para realizar sua atividade produtiva. Inclui custos variáveis e fixos.

O fluxo de caixa é a acumulação neta de ativos líquidos em um determinado período e, portanto, é um importante indicador da liquidez de uma empresa. Seu estudo pode ser usado para determinar problemas de liquidez, analisar a viabilidade de projetos de investimento e avaliar a rentabilidade e o crescimento de um negócio. Também deve ser utilizado para o controle e, principalmente, como instrumento na tomada de decisões. O objetivo é verificar a saúde financeira do negócio a partir da análise e obter uma resposta clara sobre as possibilidades de sucesso do investimento e do estágio atual da empresa. (Fonseca & Bruni, 2010). A continuação se mostra um possível formato de um fluxo de caixa:

Fluxo de Caixa
(+) Receitas
(-) Despesas
(=) Lucros antes de impostos
(-) Impostos
(=) Lucros depois de impostos
(+) Ajustes de despesas não desembolsadas (Depreciação e provisões)
(-) Despesas não afetadas por impostos
(+) Benefícios não afetadas por imposto
(=) Fluxo de Caixa

Figura 4- Estrutura do Fluxo de Caixa.
Fonte: Elaboração própria.

A avaliação realizada pelo método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) se baseia na teoria de que o valor de um negócio depende dos benefícios futuros que se irá produzir, descontados para um valor presente, através da utilização de uma taxa de desconto apropriada, a qual reflita os riscos inerentes aos fluxos estimados. O fluxo de caixa descontado captura todos os elementos que afetam o valor da empresa de maneira abrangente e, por constituir-se em uma técnica de natureza econômica, reflete de forma mais consistente o valor da empresa do que o valor obtido a partir de técnicas contábeis, as quais se baseiam no lucro contábil e não consideram o investimento exigido para gerar os lucros nem o momento em que ocorrem (Endler, 2004).

6.2 Taxa Mínima de Atratividade

A Taxa Mínima de Atratividade é um conceito muito importante aplicado na análise de investimentos. Trata-se de uma taxa de juros que representa o mínimo que o investidor se propõe a ganhar quando aplica seus recursos, ou o máximo que uma entidade está disposta a pagar quando faz um financiamento. Trata-se de um valor percentual que aponta o retorno mínimo exigível para que uma aplicação financeira seja realizada. Ou seja, é muito importante na análise de investimentos, porque representa a taxa mínima que o investidor se propõe a receber quando realiza um investimento. Serve como um parâmetro para os investidores e gestores. No caso dos investidores, aponta o rendimento mínimo esperado com a aplicação. Já para os gestores serve para verificar se o investimento em um novo projeto vale a pena, considerando o retorno que pode proporcionar. Em ambos os casos a Taxa Mínima de Atratividade é importante para que aplicações rentáveis sejam realizadas e aplicações com baixo rendimento sejam evitadas.

A relação que existe entre o investimento feito no presente (“data 0”) e o crescimento do fluxo de caixa em datas futuras é o que se chama de taxa de retorno do investimento. A taxa de retorno mostra uma porcentagem do possível retorno do capital esperado baseado no investimento inicial. O aumento do fluxo de caixa e a taxa de retorno são diretamente proporcional. Ao estimar a taxa de retorno e comparar com a aplicação que se pretende fazer, uma empresa pode decidir se o novo projeto é viável. Ao analisar a atratividade de um investimento, é preciso considerar algumas variáveis, como o custo de oportunidade e custo de capital. Em síntese, o custo de oportunidade é o custo que você tem ao optar por um investimento em detrimento de outro. Por outro lado, o custo de capital é mais aplicado nas empresas e representa o custo de captação de recursos para financiar os investimentos em novos projetos.

Outra variável considerável é o tempo necessário para que o investimento traga retornos. Geralmente um investimento com tempo de retorno muito alto não é interessante, mesmo que o TMA seja bom. Também é importante levar em consideração o risco do negócio, porque existe uma relação entre risco e retorno: investimentos mais arriscados significam chances de ganhos maiores e vice-versa. A Taxa Mínima de Atratividade pode ser estabelecida de maneiras diferentes segundo o projeto de investimento. Por exemplo, em projetos de investimento de empresas, pode ser igual ao Custo Médio Ponderado de Capital (WACC).

6.3 Custo Médio Ponderado de Capital

O custo médio ponderado de capital (WACC) é uma métrica que diz respeito à média ponderada, analisando todos os custos que uma companhia teve para obter os recursos. Considera não apenas o capital próprio ou de fontes internas, como as ações emitidas. Também adiciona as fontes externas, como o capital de terceiros ou empréstimos de bancos, incluindo títulos de longo prazo. Desse modo, é um cálculo que se volta para os custos que a empresa tem com os financiamentos realizados.

Por sua vez, o custo do capital próprio é o retorno mínimo que os acionistas de uma empresa buscam para realizar o investimento na mesma. Por tanto, o custo de capital utiliza informações da sensibilidade do retorno do ativo a variações do mercado, da taxa livre de risco, do prêmio do mercado e da diferença entre o prêmio de mercado e a taxa livre de risco. Sharpe (1964), desenvolveu o modelo denominado Capital Asset Pricing Model (CAPM) como forma para determinar o custo de capital dos acionistas a partir do risco de mercado da empresa. É o método mais utilizado e está definido pela fórmula:

$$K_s = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (1)$$

Onde K_s é a taxa de retorno do capital próprio ajustada ao risco do ativo do projeto, R_f é a taxa livre de risco, β é a sensibilidade do retorno do ativo a variações do mercado, R_m é a taxa de retorno do mercado e $(R_m - R_f)$ é o prêmio esperado sobre o risco de mercado.

Por sua parte, o custo de capital de terceiros é o retorno mínimo dos juros exigidos pelos credores através dos empréstimos das dívidas. Pode ser calculado por meio da seguinte fórmula:

$$K_d = K_T(1 - I.R) \quad (2)$$

Onde K_T é a taxa de custo da dívida, K_d é a taxa de retorno do capital de terceiros e $I.R$ é a alíquota de imposto.

Desta forma o custo médio de capital ponderado pode ser estimado pela equação:

$$WACC = \left(\frac{E}{E + D} \right) * K_s + \left(\frac{D}{E + D} \right) * K_d \quad (3)$$

Onde K_d é o custo de capital de terceiros, K_s é o custo de capital próprio, E é a porcentagem representativa de capital próprio, D é a porcentagem representativa de capital de terceiros, $(E + D)$ é o patrimônio total da empresa.

Em geral, é uma ferramenta de gestão financeira, muito utilizada por analistas externos de um negócio, porque é considerado um índice de endividamento da empresa, pois mostra o montante do capital da empresa que está comprometido para honrar os pagamentos de credores. Além disso, o custo médio ponderado de capital pode apontar quais tipos de créditos e quais fontes (internas ou externas) são as mais recomendadas para recorrer. Assim, ajuda no desenvolvimento de um negócio. Por meio do indicador, o investidor consegue ter ideia se haverá lucro com os aportes realizados em um determinado projeto, por exemplo. Representa a taxa de desconto que é preciso considerar ao fazer uma análise do retorno que a empresa pode proporcionar.

6.4 Técnicas de Avaliação de Investimento

6.4.1 Payback e Payback Descontado

O Payback usualmente é utilizado de forma preliminar a outras técnicas como forma de verificação inicial de viabilidade de qualquer projeto. Representa o prazo necessário para a recuperação do capital investido, podendo ser classificado em dois tipos: nominal (simples) e com valores atualizados (descontado). Para suprir as limitações do payback simples, existe o payback descontado. A principal diferença entre os dois é que o payback descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, trazendo os fluxos a valor presente, para depois calcular o período de recuperação (Fonseca & Bruni, 2010).

O Payback simples não considera o custo de capital, o valor do dinheiro no tempo nem todos os fluxos de caixas. De igual forma apresenta um conjunto de vantagens como por exemplo o fato de que não exige cálculos sofisticados, apenas sucessivas subtrações. Também serve como parâmetro de liquidez e de risco. No primeiro caso se estabelece uma relação inversamente proporcional, porque quanto menor é o payback maior a liquidez do projeto. Pelo contrário no segundo caso se percebe uma relação diretamente proporcional onde quanto menor for o payback

menor é o risco do projeto (Bruni, Famá, & Siqueira, 1998). A forma de calculá-lo é dividendo o investimento inicial pelos ganhos no período (ou fluxos de caixas médios) ou também pela fórmula:

$$PS = k, \text{talque: } \sum_{j=0}^k FC_j \quad (4)$$

Onde FC_j é o fluxo de caixa líquido no período j e j é o período considerado que pode ser 0, 1, 2 k . Essa fórmula se utiliza quando os fluxos de caixas do investimento apresentam valores constantes durante toda a vida útil do projeto. No caso, de que os valores dos fluxos de caixas sejam diferentes de um período ao outro, o indicador é calculado pelo processo acumulativo dos fluxos de caixa até obter um valor acumulado igual ou superior ao investimento inicial da operação.

O Payback Descontado (PD) é um critério de liquidez equivalente ao simples período de recuperação ou payback, mas descontando os fluxos de caixa. O valor do dinheiro ao longo do tempo é levado em consideração. Número de períodos que leva para o projeto repor o capital investido nele. Algumas das características principais são: oferece indicações sobre o risco do projeto, ignora os fluxos posteriores ao período de corte, penaliza projetos longos e não maximiza valor para o acionista. Pode ser calculado dividindo o investimento inicial pelo Valor Presente Líquido (VPL) ou também através da fórmula:

$$PD = k, \text{talque: } \sum_{j=0}^k \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (5)$$

Onde FC_j é o fluxo de caixa líquido no período j , i é a taxa mínima de atratividade e j é o período considerado que pode ser 0, 1, 2 k . A regra ou critério geral de decisão tanto do Payback simples como do descontado é a mesma. Se o valor obtido é menor ou igual ao tempo de vida útil do projeto pode ser aceito. Pelo contrário se fosse maior é rejeitado completamente (Sampaio Filho, 2008).

Este método pode levar a escolha de um projeto que tenha um prazo de retorno muito baixo, desconsiderando outro com período mais longo, mas que possa gerar maior riqueza para o proprietário, ou seja, que apresente um VPL maior (Fonseca & Bruni, 2010). Quando o Payback Descontado de um projeto for superior ao período máximo estabelecido pela empresa para recuperar o investimento inicial, este não deve ser aceito pela empresa, mesmo que apresente TIR superior ao custo de capital ou VPL positivo (Bruni et al., 1998).

6.4.2 Valor Presente Líquido

Valor Líquido Atual ou Valor Presente Líquido (VPL) é a fórmula econômico-financeira que consiste em trazer para a data zero todos os fluxos de caixa de um projeto de investimento e somá-los ao valor do investimento inicial, usando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) ou o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC) da empresa ou projeto. Se considera uma das técnicas mais conhecidas para a análise da viabilidade de projetos de investimento. O cálculo do VPL, não faz apenas uma comparação do investimento com o retorno que dele se espera; também tem em conta o valor do dinheiro no tempo. Indo além disso, leva em consideração a valorização do capital ao longo do tempo, com ele calcula-se o ganho real de investimento. O Valor Presente Líquido se poder definir por:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} + I_0 \quad (6)$$

Onde F_t são os fluxos de caixas, t o momento em que o fluxo de caixa ocorreu, i a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade e n o período de tempo.

Essa estimativa é extremamente necessária, devido ao fato de que o dinheiro que se recebe no futuro não terá o mesmo valor que o dinheiro possui no tempo presente. Válido ressaltar que esse tipo de conhecimento é proveniente da matemática financeira, que diz que não se pode somar ou subtrair valores futuros no fluxo de caixa de um projeto de investimento. Sempre se deve considerar o valor do dinheiro no tempo. É uma das técnicas possíveis para realizar o orçamento de capital de uma empresa. O resultado do cálculo e possível interpretá-lo tendo em consideração diferentes critérios:

- $VPL \geq 0$, entradas de fluxos de caixas são maiores que as saídas, ou seja, o projeto é viável e deve ser aceito.
- $VPL = 0$, entradas e saídas de fluxos de caixas são iguais, ou seja, a decisão de investir no projeto é neutra, indiferente aceitar ou rejeitar.
- $VPL \leq 0$, as saídas de fluxos de caixas são maiores que as entradas, ou seja, o projeto não é viável e deve ser rejeitado.

6.4.3 Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um percentual que mede a viabilidade de um projeto ou empresa, determinando a rentabilidade das cobranças e pagamentos atualizados gerados por um investimento. Transforma a rentabilidade da empresa em uma porcentagem ou taxa de retorno comparável às taxas de retorno de um investimento de baixo risco e, dessa forma, permite saber qual das alternativas é mais rentável. A Taxa Interna de Retorno é o ponto em que o VPL é zero e sua fórmula é a seguinte:

$$VPL = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (7)$$

Onde F_t são os fluxos de dinheiro em cada período t , I_0 é a inversão realizada no momento inicial ($t=0$) e n é o número de períodos de tempo.

Uma vez obtida o valor da TIR, o critério de seleção é o seguinte, onde "TMA" é a taxa de desconto do fluxo escolhida para calcular o VPL:

- Se a $TIR \geq TMA$, o projeto de investimento deve ser aceito. Neste caso, a taxa interna de retorno obtida é superior à taxa mínima de retorno exigida sobre o investimento.
- Se $TIR = TMA$, apresenta-se uma situação semelhante à que ocorre quando o VPL é igual a zero. Nesta situação, o investimento pode ser realizado caso a posição competitiva da empresa melhore e não existam alternativas mais favoráveis.
- Se $TIR \leq TMA$, o projeto deve ser rejeitado. A rentabilidade mínima que se pede para o investimento não é atingida.

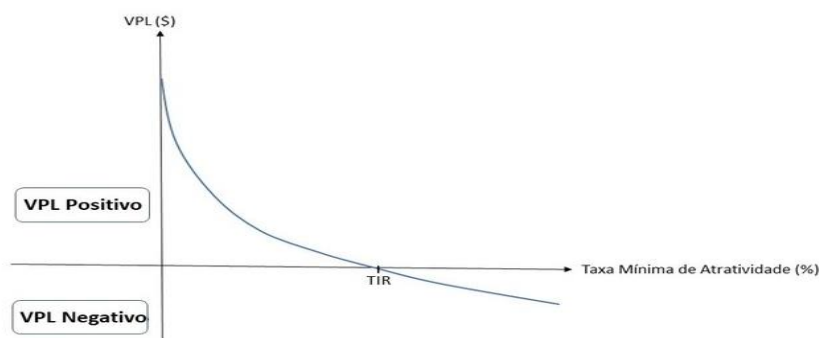


Figura 5- Representação gráfica da TIR.
Fonte: Elaboração Dicionário Financeiro

A TIR pode ser usada em comparação a uma taxa de rentabilidade esperada conhecida pelo investidor, a sua Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa análise oferece uma ideia da viabilidade de um projeto de investimento. Quanto maior a Taxa Mínima de Atratividade para realizar um investimento, menor é o seu retorno ou viabilidade, e vice-versa. Isso acontece porque o VPL vai reduzindo conforme o custo dado pela TMA aumenta.

Algumas vantagens que apresenta são o caso de estar relacionado com o VPL geralmente levando à mesma decisão; considera o valor do dinheiro no tempo e pode ser facilmente entendível. De igual forma tem várias desvantagens como o fato de poder apresentar múltiplas respostas, se os fluxos não forem convencionais. Os fluxos de caixa intermediários são reaplicados à taxa do projeto, o que na prática nem sempre ocorre. Por último, pode levar à decisões erradas na comparação de projetos mutuamente excludentes (Sampaio Filho, 2008).

6.4.4 Taxa Interna de Retorno Modificada

A taxa interna de retorno modificada (TIRM) é um método de avaliação de investimento que mede a lucratividade de um investimento em termos relativos (em porcentagem), cuja principal qualidade é a eliminação do problema de inconsistência que pode surgir quando se aplica a TIR. Supõe que todos os fluxos de caixa positivos são reinvestidos (em geral, ao custo de capital da empresa) ao longo da vida do projeto. E que os fluxos de caixa negativos são descontados e incluídos no investimento inicial, a uma taxa de financiamento compatível com a empresa e o projeto. Para cumprir seu objetivo traz todos os fluxos negativos do projeto a valor presente ou valor atual dos custos, e leva todos os fluxos positivos para valor futuro ou valor terminal.

De acordo com Brigham & Houston (1999), Brigham et al. (2001), Weston & Brigham (2004) e Brigham & Ehrhardt (2006) a fórmula pode ser definida como:

$$\sum_{j=0}^n \frac{FCS_j}{(1+k)^j} = \frac{\sum_{j=0}^n FCE_j (1+k)^{n-j}}{(1+TIRM)^n} \quad (8)$$

$$VP = \frac{VT}{(1+TIRM)^n} \quad (9)$$

Onde FCE são os fluxos de caixa positivos, FCS são os fluxos de caixa negativos e k é o custo de capital. Na equação o termo a esquerda é o valor presente (VP) dos fluxos de caixa negativos descontado ao custo do capital. Pelo contrário o numerado do termo a direita da formula é o valor terminal (VT), o valor futuro dos fluxos de caixa positivos, pressupondo que os fluxos de caixa intermediários positivos sejam reinvestidos ao custo de capital.

Uma das principais vantagens de usar a TIRM é a possibilidade de trabalhar com diferentes taxas entre os fluxos de caixa negativos e os fluxos positivos de um projeto de investimento. A taxa de financiamento é a taxa que desconta os fluxos negativos e traz para valor presente. Pode-se utilizar a TMA, mas a grande vantagem é de poder utilizar o custo do capital de terceiros da empresa em questão, considerando a hipótese de quando os fluxos de caixa são negativos a empresa possui a necessidade de se financiar. Se fosse de financiamento com capital próprio, a empresa poderia utilizar como taxa de financiamento no cálculo da TIRM o custo do capital próprio. A taxa de reinvestimento é a taxa que leva todos os fluxos de caixa positivos para valor futuro. Neste caso utiliza-se principalmente a Taxa Mínima de Atratividade. O uso da TMA como taxa de reinvestimentos dos fluxos positivos gerado pelo projeto de investimento elimina a desvantagem da TIR convencional de pressupor a aplicação dos fluxos do projeto à própria TIR, o que costuma ser irreal na prática (Barbieri, Álvares, & Machline, 2007).

6.4.5 Índice de Lucratividade

O índice de lucratividade (IL), é a medida de atratividade de um projeto ou investimento. Também se pode conhecer como índice de investimento de valor (VIR), índice de investimento de lucro (PIR) ou índice de rentabilidade. Representa a relação entre os custos e benefícios de um projeto. É calculado como a razão entre o valor presente dos fluxos de caixa esperados e o valor inicial investido no projeto. Para descobri-lo é preciso, portanto, ter uma projeção do quanto de retorno espera-se ter de um projeto e saber qual o capital inicial de investimento. Se pode definir pela fórmula seguinte:

$$\text{Índice de Lucratividade} = \frac{\text{Valor presente dos fluxos de caixas futuros}}{\text{Investimento Inicial}} \quad (10)$$

Uma regra geral de decisão de investimento é aplicada ao resultado obtido com o cálculo deste índice:

Se $IL \geq 1 \rightarrow$ se aceita o projeto

Se $IL \leq 1 \rightarrow$ se rejeita o projeto

Se o índice de lucratividade é maior que um, então o valor presente líquido também será maior que um e o projeto deve ser aceito. É dizer, o VPL sempre será positivo quando o índice de rentabilidade for maior do que um (Fonseca & Bruni, 2010).

Desta forma se pode dizer que o índice de lucratividade deve ser usado para orientar a tomada de decisões sobre as estratégias da agência. Por isso, se esse valor é positivo, deve-se manter o trabalho que vem sendo realizado na gestão do negócio. Agora, caso seja negativo, é necessário rever a forma como as atividades têm sido conduzidas. O objetivo sempre é obter uma eficiência operacional, ou seja, os ganhos que a agência tem conseguido acumular com os projetos desenvolvidos.

Algumas das vantagens que apresenta são: que mostra quanto um investimento em potencial pode agregar valor (ou não) ao projeto, considera todos os fluxos de caixa de um projeto, avalia os riscos envolvidos nos fluxos de caixas futuros, aprecia o valor do dinheiro ao longo do tempo, fornece informações sobre a classificação de projetos e, ao mesmo tempo, atua no racionamento de capital. Além disso é uma ferramenta de investimento de fácil compreensão. Também é possível perceber se o investimento promete fazer uma diferença significativa ou se os resultados seriam discretos. Isso é importante para saber quais projetos priorizar (Fonseca & Bruni, 2010).

De todos os indicadores financeiros analisados com anterioridade, o VPL é considerado o mais determinante no momento de avaliar se um projeto é rentável ou não para a decisão de inversão, porque informa se o projeto aumentará o valor da empresa, considera o valor do dinheiro no tempo, inclui todos os capitais na avaliação e considera o possível risco incluso na taxa de desconto (Bruni et al., 1998). A técnica de análise pelo critério do VPL permite aos administradores e/ou proprietários de uma empresa identificar o custo ou benefício exato da decisão de investir e/ou obter financiamento (Fonseca & Bruni, 2010). Ao mesmo tempo possui como desvantagens que não leva em consideração a grandeza do investimento, supõe mercado de capitais eficiente e é necessário conhecer a taxa mínima de atratividade (Sampaio Filho, 2008).

7 Resultados

O Projeto de BRT analisado de um período de dez anos de vida útil, possui um total de 2 lotes denominados “Lote A” e “Lote B”. Cada um possui dois tipos de modelos de veículos articulados Diesel que variam de acordo com o tamanho e se analisam de forma independente. No Lote A, são avaliados os modelos de veículos B e C, enquanto no Lote B são estudados os modelos de veículos A e B. Para cada lote e tipo de veículo foi feito um Fluxo de Caixa Descontado diferente, dados fornecidos pela Prefeitura de Rio de Janeiro, levando em consideração os distintos itens e elementos que o compõem. O Anexo 6 mostra o modelo seguido para a análise. Também se realizou o cálculo e análise dos indicadores financeiros de investimento para determinar a viabilidade e rentabilidade do projeto de forma particular e geral.

7.1 Lote A

Os modelos de veículos, B e C, presentes neste lote possuem os seguintes valores dos fluxos de caixas representados em milhões de reais, com um investimento inicial de \$ 13,000.00 milhões e uma taxa de retorno de 9.75% cada um:

Valores do Lote A do modelo B		
Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado
2021	\$-13,000.00	\$-13,000.00
2022	\$ -9,297.00	\$ -8,471.07
2023	\$ 9,651.00	\$ 8,012.41
2024	\$ 11,660.00	\$ 8,820.33
2025	\$ 11,537.00	\$ 7,951.97
2026	\$ 11,537.00	\$ 7,245.53
2027	\$ 11,537.00	\$ 6,601.85
2028	\$ 11,537.00	\$ 6,015.35
2029	\$ 11,537.00	\$ 5,480.96
2030	\$ 11,537.00	\$ 4,994.04
2031	\$ 11,537.00	\$ 4,550.38
2032	\$ -672.00	\$ -241.50

Tabela 7- Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo articulado Diesel B
Fonte: Elaboração Própria

Valores do Lote A do modelo C		
Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado
2021	\$-13,000.00	\$-13,000.00
2022	\$ -411.00	\$ -374.49
2023	\$ 3,123.00	\$ 2,592.76
2024	\$ 3,705.00	\$ 2,802.69
2025	\$ 3,654.00	\$ 2,518.55
2026	\$ 3,654.00	\$ 2,294.81
2027	\$ 3,654.00	\$ 2,090.94
2028	\$ 3,654.00	\$ 1,905.18
2029	\$ 3,654.00	\$ 1,735.93
2030	\$ 3,654.00	\$ 1,581.71
2031	\$ 3,654.00	\$ 1,441.20
2032	\$ -164.00	\$ -58.94

Tabela 8- Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo articulado Diesel C

Fonte: Elaboração Própria

As figuras a seguir mostram os cálculos obtidos dos indicadores financeiros de cada um dos modelos de veículos Diesel articulados representados em gráficos de barras:

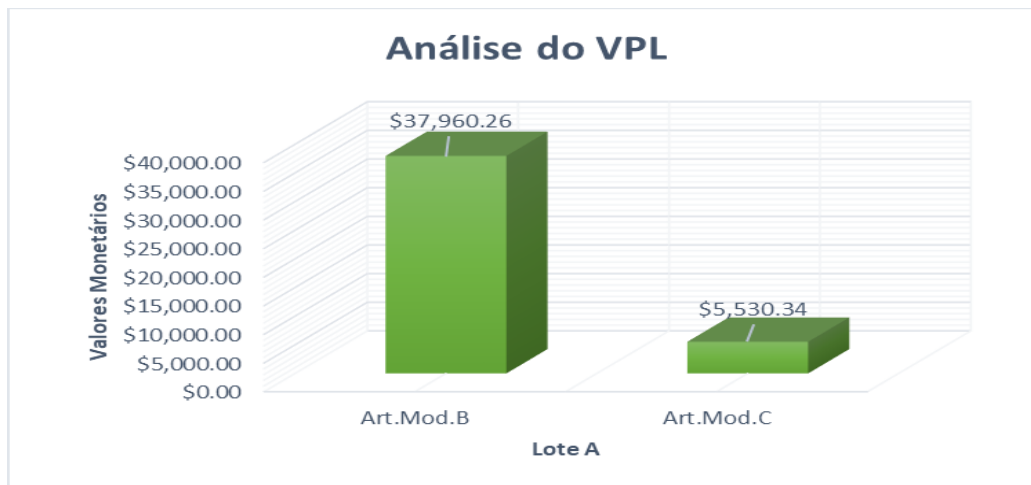


Figura 6- Análise da variação do VPL do Lote A.

Fonte: Elaboração Própria.

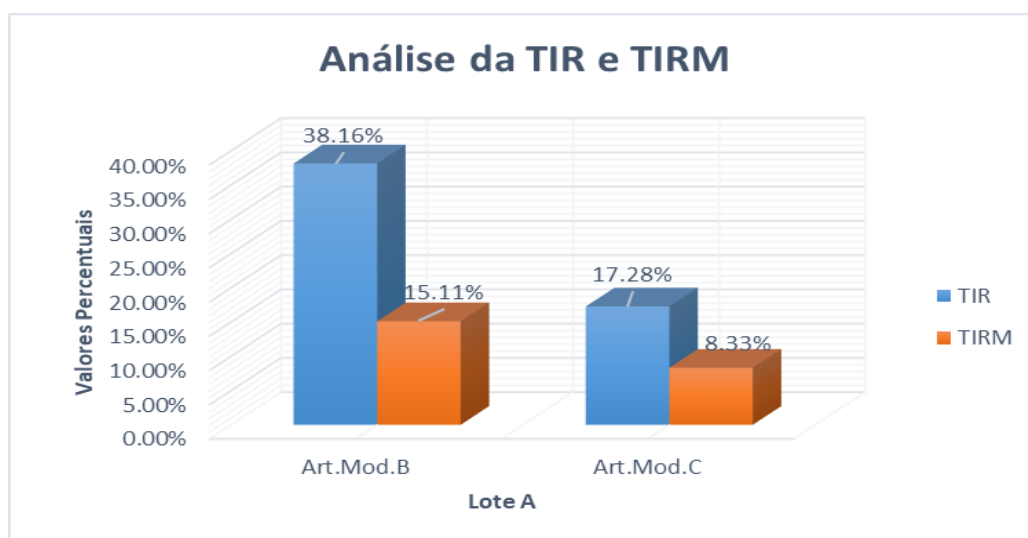


Figura 7- Análise da variação da TIR e da TIRM do Lote A.
Fonte: Elaboração Própria.

As receitas e despesas incrementais são evidentes durante a vida útil dos projetos. A partir da análise dos indicadores de investimento financeiro, obtém-se como valor presente líquido (VPL) para cada modelo de veículo articulado \$37,960.26 e \$5,530.34 milhões de reais; respectivamente. Ambos são viáveis, porque cobrem o investimento e as expectativas de retorno. O resultado da TIR é de 38.16% e 17.28% respectivamente, o que, em comparação com a taxa de oportunidade de 9.75%, pode-se dizer que cada modelo é fiável porque sua rentabilidade é superior ao esperado. Para o caso da TIRM, o resultado é de 15.11% e 8.33% simultaneamente, que comparado com a taxa de oportunidade, pode-se dizer que o primeiro caso é economicamente viável (um pouco próximo ao dobro do investimento que pode ser recuperado). Enquanto o segundo caso não é tão confiável, porque o valor é inferior a taxa de desconto do projeto. Possuem um índice de rentabilidade favorável de 3.92 e 1.43 respectivamente. Em relação ao payback descontado, mostra que o investimento se recupera em 3 anos, 4 meses e 24 dias para o modelo B, enquanto o investimento do modelo C é recuperado em 6 anos, 6 meses e 3 dias. Após o terceiro e o sexto ano, os projetos se tornam operacionalmente lucrativos e começam a retornar capital. Isso significa que se parou de usar a caixa de reserva e se inicia a gerar dinheiro. Como a tendência continua, no quarto e sétimo ano os fluxos de caixas descontados acumulados são positivos, indicando que todo o dinheiro investido já havia sido recuperado. Este é exatamente os anos em que os projetos atingem sua recuperação. Neste parâmetro

financeiro os riscos são evidentes no segundo modelo uma vez que a recuperação de capital está quase no final da vida útil do projeto. Apesar disso, em geral, os projetos possuem muitos aspectos convenientes.

7.2 Lote B

No lote B, os modelos de veículos A e B têm os seguintes valores base do fluxo de caixa representados em milhões de reais com um investimento inicial de \$ 11,000.00 milhões e uma taxa de retorno de 9.745% cada um:

Valores do Lote B do modelo		
A		
Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado
2021	\$-11,000.00	\$-11,000.00
2022	\$ -1,022.00	\$ -931.21
2023	\$ 1,855.00	\$ 1,540.05
2024	\$ 1,828.00	\$ 1,382.81
2025	\$ 1,828.00	\$ 1,259.96
2026	\$ 1,828.00	\$ 1,148.03
2027	\$ 1,828.00	\$ 1,046.04
2028	\$ 1,828.00	\$ 953.11
2029	\$ 1,828.00	\$ 868.44
2030	\$ 1,828.00	\$ 791.29
2031	\$ 1,828.00	\$ 720.99
2032	\$ -57.00	\$ -20.48

Tabela 9- Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo articulado Diesel B
Fonte: Elaboração Própria

Valores do Lote B do modelo		
B		
Anos	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado
2021	\$-11,000.00	\$-11,000.00
2022	\$ -2,717.00	\$ -2,475.63
2023	\$ 3,400.00	\$ 2,822.73
2024	\$ 4,108.00	\$ 3,107.54
2025	\$ 4,064.00	\$ 2,801.14
2026	\$ 4,064.00	\$ 2,552.30
2027	\$ 4,064.00	\$ 2,325.55
2028	\$ 4,064.00	\$ 2,118.96
2029	\$ 4,064.00	\$ 1,930.71
2030	\$ 4,064.00	\$ 1,759.19
2031	\$ 4,064.00	\$ 1,602.91
2032	\$ -201.00	\$ -72.23

Tabela 10- Fluxo de Caixa do Lote A do modelo de veículo articulado Diesel C
Fonte: Elaboração Própria

As figuras a seguir mostram os resultados obtidos em cada um dos indicadores financeiros analisados em cada modelo de veículo articulado Diesel do Lote B.

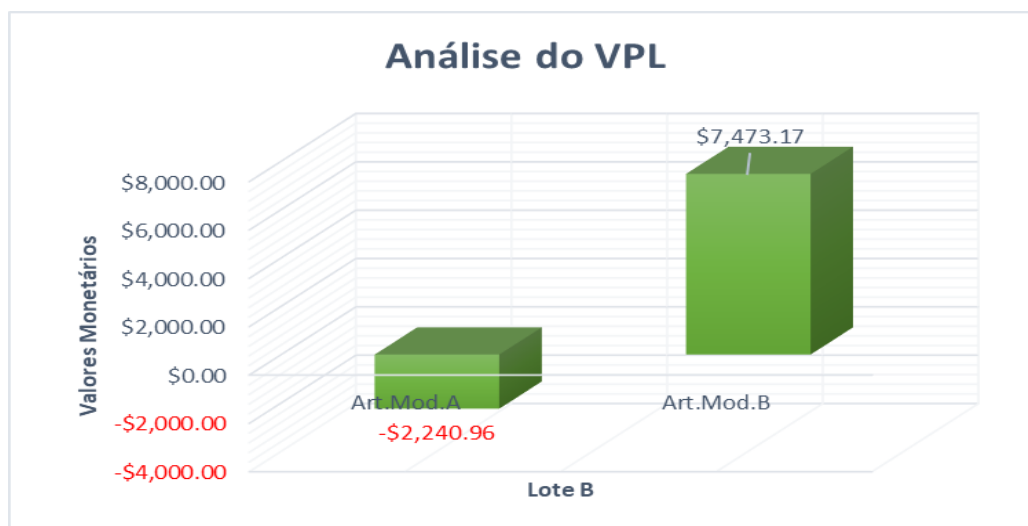


Figura 8- Análise da variação do VPL do Lote B.
Fonte: Elaboração Própria.

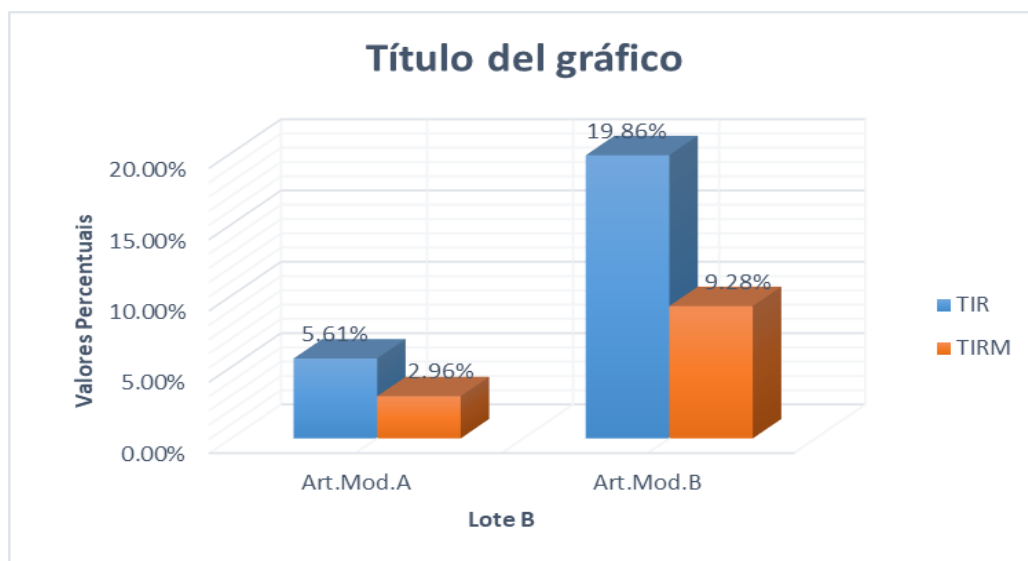


Figura 9- Análise da variação da TIR e da TIRM do Lote B.
Fonte: Elaboração Própria.

No caso do veículo articulado do modelo A de Diesel, as receitas e despesas são constantes em cada ano de vida útil do projeto. Apresenta um VPL equivalente a (-\$2,240.96), baixo uma taxa de desconto de 9.75%; uma TIR de 5.61%, uma TIRM de 2.96% e um índice de rentabilidade de 0.80. Em sentido geral o projeto para esse modelo não é viável, porque não se recupera o investimento e não existe

possibilidade de expectativas de lucro. O resultado da TIR e da TIRM comparado com a taxa de oportunidade pode-se dizer que não apresentam rentabilidade nenhuma do ponto de vista econômico. Em relação ao payback descontado, mostra que o investimento não se recupera na vida útil do projeto, o qual significa que não é operacionalmente lucrativo ao não gerar valor monetário. Portanto, esse projeto não é viável. Pelo contrário, no modelo de veículo B são incrementais e constantes as receitas e despesas a partir do terceiro ano. Obtém-se um valor presente líquido de \$7,473.17 milhões de reais; portanto é vantajoso investir no projeto. A TIR alcança uma porcentagem de 19.86%, o dobro comparado com a taxa de oportunidade de 9.75% evidenciando a rentabilidade do esperado. Enquanto a TIRM equivale a um 9.28%, que respeito com a taxa de oportunidade não é tão confiável do ponto de vista econômico, porque não chega atingir uma porcentagem superior. Também manifesta um índice de rentabilidade favorável de 1.68. Referente ao payback descontado, mostra que o investimento se recupera em 5 anos, 11 meses e 8 dias, quase no sexto ano do um período de vida útil de 10 anos, o qual é lucrativo, mas com um pequeno risco porque a recuperação do capital acontece um pouco ao final do período de tempo. Desta forma, o projeto do modelo A não é viável de forma alguma de acordo com os parâmetros financeiros, enquanto o modelo B em geral é factível de executar.

7.3 Comparação entre os lotes

Em geral, todos os lotes trabalham com dados operacionais determinísticos e com valores específicos dos elementos que compõem os fluxos de caixa de cada lote e modelo de veículo, diferindo pelas características particulares de cada modelo de veículo Diesel conforme tabela a seguir:

Tipo	Custo do veículo	Custos Variáveis (km)	Custo Fixo
Articulado A	\$ 1,595,000	3.586	\$ 397,271
Articulado B	\$ 1,675,000	3.586	\$ 403,671
Articulado C	\$ 1,728,000	3.586	\$ 407,911

Tabela 11- Dados operacionais dos veículos Diesel
Fonte: Elaboração Própria

As figuras a seguir mostram uma comparação entre os valores de todos os modelos de cada um dos lotes do projeto BRT como um todo, apesar de sua análise individual.

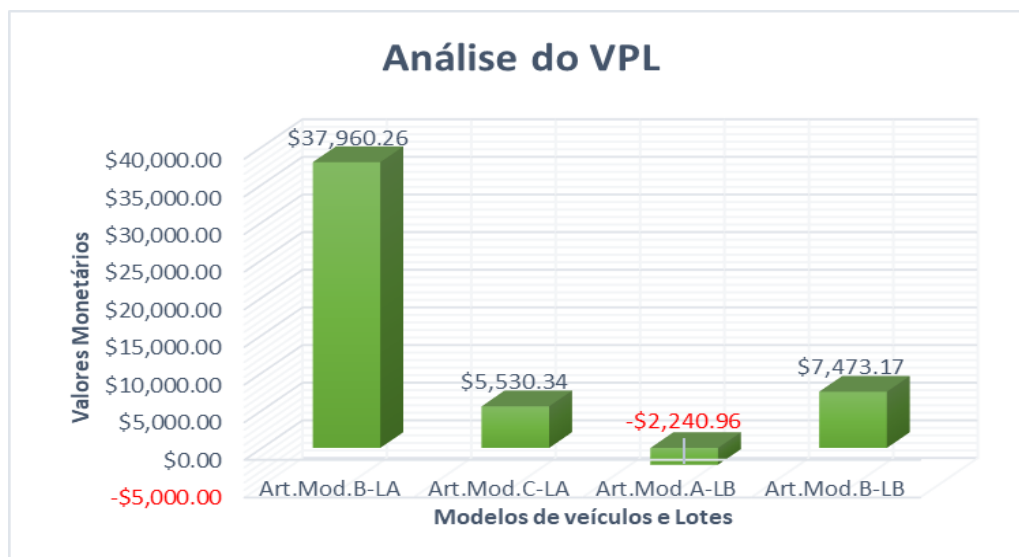


Figura 10- Análise da variação do VPL do todos os lotes.
Fonte: Elaboração Própria.

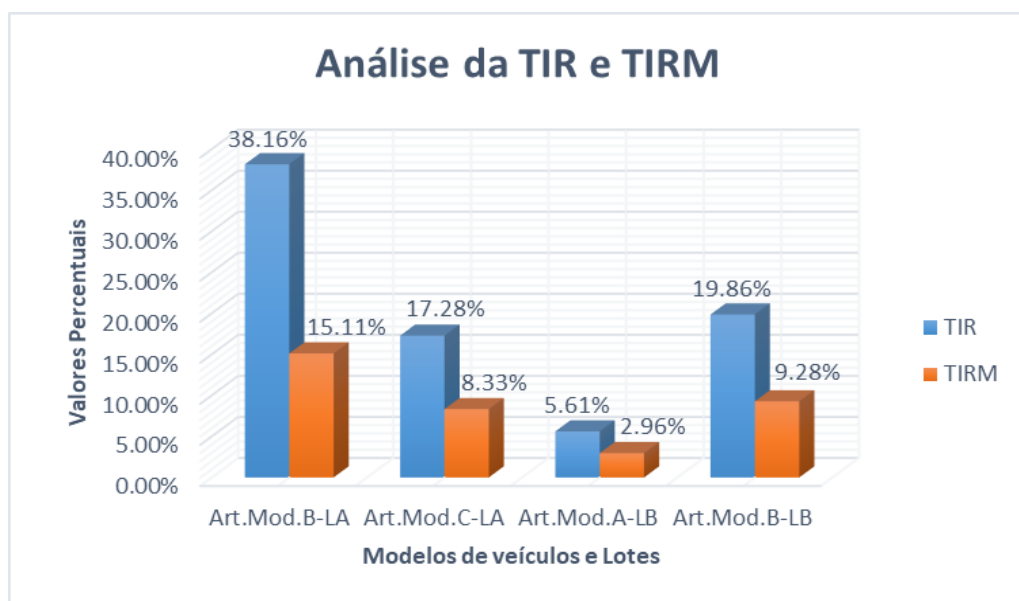


Figura 11- Análise da variação da TIR e da TIRM de todos os lotes.
Fonte: Elaboração Própria.

Levando em consideração que o melhor indicador financeiro para a decisão de investimento de qualquer projeto é o valor presente líquido, pode-se concluir que o modelo articulado B de Diesel do lote A é o mais viável e o modelo articulado A de Diesel do lote B é o menos viável do ponto de vista financeiro pelos valores

negativos, risco que assume a Prefeitura neste caso. Da perspectiva da rentabilidade, levando em estíma e conceito a taxa de desconto, a TIR e a TIRM, o modelo B do lote A também apresenta maior valor percentual de retorno do investimento, enquanto o modelo A do lote B exibe a menor porcentagem. Além disso, o modelo B do lote A é novamente o que mais se destaca em termos de lucratividade. Dessa forma, o melhor projeto de investimento é o modelo B lote A e o pior e mais desfavorável é o modelo A lote B. Os demais modelos de cada lote são viáveis e estão dentro da média de aceitação de inversão.

7.4 Matriz DAFO

Como parte dos resultados do projeto do sistema BRT da cidade de Rio de Janeiro, mas desde uma perspectiva qualitativa foi feita a análise da Matriz DAFO, porque permite ter uma apreciação interna (forças e debilidades) e do entorno (oportunidades e ameaças). Além disso é uma ferramenta que permite gerar um conjunto de alternativas estratégicas, das quais será necessário escolher aquela que está em função da missão, do cumprimento da visão, aproveite as oportunidades baseadas em as forças, rejeite as ameaças e elimine as debilidades do contrato em geral. As possíveis alternativas estratégicas a ser desenvolvidas foram apresentadas nas recomendações do trabalho para os principais entes e atores envolvidos na concessão.

FORÇAS	DEBILIDADES
F1-Garagens públicas. F2-Remuneração híbrida. F3-Separação entre provisão e operação da frota.	D1-Falta de incentivos governamentais como os principais subsídios. D2-Formas de controle da gestão e operação.
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
O1- Eletrificação gradativa da frota para os serviços existentes.	A1- Ausência de investidores para a compra da frota.

Tabela 12- Matriz DAFO.
Fonte: Elaboração Própria

Como pode ser observado na matriz DAFO, o primeiro quadrante é aquele com mais relações de impacto presentes. Isso significa que há uma grande possibilidade de aproveitar as oportunidades com as forças existentes.

Referente as forças se pode afirmar que são grandes inovações do sistema que oferecem muitas vantagens. Por sua parte, apesar que objetivo principal do contrato seja eliminar os riscos e incertezas da concessão, a falta de incentivos governamentais fez com que o projeto seja pouco atrativo para os investidores privados; o qual traz em paralelo a ameaça atual que enfrenta o sistema. No entanto ainda existe a possibilidade de implementar ônibus elétricos no sistema seguindo as experiências de sucesso internacional acontecido no Chile, por exemplo. Essa modificação foi uma das melhores maneiras de atingir a satisfação dos usuários com uma melhor sustentabilidade do sistema. Apesar do alto custo de aquisição inicial ficou demonstrado a factibilidade e vantagem futura. Após esta análise, as estratégias fundamentais a seguir devem ser baseadas no controle e atrativo da operação e gestão do sistema.

8 Conclusões

A Secretaria Municipal de Transportes (SMTR) do Rio de Janeiro está desenvolvendo uma licitação para incorporar novos ônibus articulados ao sistema BRT da cidade, para responder ao novo corredor TransBrasil e à substituição da frota das concessões atuais devido o fim de sua vida útil. O principal objetivo desta tarefa é melhorar a qualidade do serviço para usuários, atualizando a frota para veículos modernos articulados de Diesel e melhorando a intermodalidade do sistema. Tendo em conta os problemas que o sistema enfrenta hoje e as necessidades da frota para o novo corredor, a SMTR buscou uma assessoria para analisar diferentes modelos de negócios para operar a frota e a infraestrutura, considerando as melhores práticas internacionais, que poderiam garantir disponibilidade da frota, serviço de alta qualidade, melhor segmentação do mercado e sustentabilidade do sistema no tempo. Portanto, neste trabalho pretende-se determinar quão viável e lucrativo é o novo modelo implementado do sistema BRT da perspectiva financeira, em comparação com as experiências internacionais para obtenção do efetivo funcionamento do sistema de transporte.

Como forma de resolver o problema de pesquisa e dar resposta ao objetivo geral se fez uma detalhada revisão da literatura sobre as características e elementos dos sistemas de ônibus de transporte rápido, assim como dos diferentes incentivos governamentais possíveis que podem existir em contratos de infraestrutura para melhorar a relação de interesse entre o governo e o setor privado, a diminuição dos riscos e procurar formas de atrair aos investidores. De igual maneira se executou um histórico e contextualização internacional do sistema BRT de países de América do Norte, América Central e do Sul, Europa, Ásia, Oceania e África para comparar a experiência existente no mundo e nos países que tiveram resultados favoráveis em os projetos e nos contratos na prática. Também se apresentaram todos as particularidades da nova licitação do projeto BRT no Rio de Janeiro, desde os antecedentes até o novo modelo de gestão. Além disso se desenvolveu um análise dos fluxos de caixas de cada lote do projeto através dos indicadores financeiros: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), taxa interna de retorno

modificada (TIRM) e o payback descontado para conhecer a rentabilidade e viabilidade do projeto desde o ponto de vista financeiro. Tudo com o propósito de fazer uma análise conjunta do general ao particular para ter e propor a melhor estrutura possível para o funcionamento eficiente do BRT e a melhoria do sistema de transporte público, respectivamente.

O Sistema de Transporte Público por Ônibus (SPPO), quem opera os ônibus tradicionais, a dependência de uma fonte de recursos única para pagar os custos e os efeitos da pandemia (COVID-19) causaram um conjunto de dificuldades financeiras e técnicas que foram precisas enfrentar e demonstraram a necessidade de trocar o modelo e operação do sistema BRT por outro mais eficiente e prático, benéfico para todos os entes envolvidos. Alguns dos problemas principais foram: caída da demanda de passageiros em um 32% antes do COVID-19 e cerca de 49% após o início da pandemia, insuficiência dos mecanismos de controle das autoridades de transporte para fazer cumprir os contratos e manter a qualidade do serviço à população, um 34% das estações inativas, um 20% de evasão fiscal e a frota operacional representava um 50% da frota do projeto correspondendo a uma redução do 19% no número de serviços com 6 serviços inoperantes. Portanto, havia apenas 120 ônibus em operação, sujeitos a um índice de quebras de 67%. A mistura desses problemas leva o sistema a uma espiral descendente que é muito comum em sistemas de transporte público na América Latina.

Para definição da visão sobre o projeto de um novo sistema BRT almejado para a cidade, bem como do modelo de contratação a ser seguido e das funcionalidades específicas e gerais a serem requisitadas foram estudadas uma série de experiências de outras cidades nacionais e internacionais, principalmente em sistema de transportes públicos coletivos a partir de BRT implantados ou em implantação. As melhores práticas e evidências de sucesso internacional indicam a separação entre a concessão da operação do sistema e da provisão de frota como caminho para garantir a qualidade do serviço prestado, diminuir riscos e aumentar a atratividade de licitações, conforme evidenciado nos casos de Bogotá, Santiago de Chile, Londres e Singapura.

A implantação desse componente nos casos anteriores foi muito bem-sucedida nas cidades, porque melhorou muito o serviço de transporte público, reduzindo o tempo de deslocamento, melhorando conforto e segurança dos usuários e com exigência mínima de subsídios do governo; a taxa de usuário cobriu 99% dos

custos do sistema, exceto os investimentos na infraestrutura. Este novo modelo de negócio favorece a flexibilidade ao permitir garantir a disponibilidade da frota no sistema, independente da continuidade de um operador específico. Ressalta a bancabilidade ao responder o contexto financeiro contemporâneo em relação ao público do setor de transporte. Oferece continuidade do serviço ao garantir uma transição leve entre os atuais e os futuros operadores na conclusão dos contratos de concessão. Além de uma grande eficiência ao não gerar custos maiores para os usuários. Também se consegue presenciar um refinanciamento da frota, realizado em alguns casos com um inovador mecanismo de emissão de títulos no mercado de capitais, reduzindo os custos financeiros das concessões. É importante mencionar que assim como Bogotá fez na renovação da frota de componentes urbanos, Santiago de Chile reduz o tamanho das unidades de negócios em número de ônibus para diminuir a dependência de algumas operadoras que concentram grande parte do sistema.

A partir dos diferentes casos analisados internacionalmente, e tendo em conta as quatro cidades que mais se ajustam a problemática e realidade do Brasil atualmente no sistema de transporte, se podem arribar a umas serie de pontos claves a ter presente no projeto do sistema BRT do Rio de Janeiro: independentemente do modelo de negócios e do mecanismo contratual utilizado para implementá-lo, pretende-se que quem financie e adquira a frota receba o seu pagamento separadamente para maior segurança na mesma. A separação dos negócios facilita a participação de novos atores com melhor capacidade financeira, que podem aceder a melhores esquemas de financiamento, tornando os projetos viáveis. Indica-se licitar unidades de negócios menores, além de separar os modelos entre provisão e operação para um menor risco de cessação das operações devido ao mau desempenho de uma ou mais empresas, menor dependência de poucos atores e maior agilidade na operação. Se for possível, é aconselhável possuir uma fonte adicional para pagar os custos do serviço público do sistema de transporte que corresponde às transferências de recursos do governo, e que juntamente com as taxas de utilização são administrados por uma entidade externa à concessionária da frota de fornecimento ou operação. Como forma de controle da operação e das responsabilidades por parte da entidade publica, o régimen de remuneração deve ser composto por quatro tarifas: fixa mensal, por ônibus, por quilômetro percorrido e por passageiro. Tudo esse funcionamento em conjunto deve permitir uma

melhoria na eficiência do sistema de transporte, especificamente do sistema BRT, para os usuários em geral.

As principais técnicas de avaliação de investimentos em ordem de confiabilidade são: VPL, TIRM, TIR, Payback descontado. As mais importantes dentro do conjunto de técnicas de avaliação de investimento, a critério pessoal, são: VPL, TIRM e Payback descontado. Para a comparação entre os lotes com características semelhantes, a seleção foi baseada no de maior VPL como principal indicador de avaliação de investimentos.

Referente a rentabilidade e lucratividade do sistema BRT no Rio mediante a análise dos fluxos de caixas através dos indicadores financeiros se pode concluir que o projeto como um todo é favorável e viável para inversão. Dos dois lotes (A e B) que possui o sistema e dos quatro casos em geral de ônibus articulados Diesel, dois por cada lote, o que apresenta melhores reportes financeiros é o modelo B de ônibus articulado Diesel do lote A e o pior e mais desfavorável é o modelo A de ônibus articulado Diesel do lote B. Os demais modelos de cada lote são viáveis e estão dentro da média de aceitação para o investimento. Em geral o lote menos promissor não afeta em nada a inversão, porque esse risco o assume a Prefeitura segundo o estabelecido no contrato. Por tanto, o projeto pode ser considerado propício para inversão quase em sua totalidade.

8.1 Sugestões e recomendações para novas pesquisas

Com base nos principais resultados obtidos durante a presente pesquisa, são propostas as seguintes recomendações:

Para os atores governamentais:

- Levar em consideração como estratégia adaptativa a aplicação de incentivos governamentais como mecanismos de atrair aos investidores privados; assim como uma possível mudança da estrutura do projeto e do contrato, caso que for preciso, para aumentar os níveis de investimentos e diminuir as dificuldades atuais para a compra da frota da operação. Se pode ter em conta a alternativa feita em Londres, onde oferecem extensões do contrato para ampliar as flexibilidades.

- Oferecer um monitoramento e qualificação por indicadores e componentes técnicos para proporcionar um seguimento de aspectos como: a conformidade, regularidade, segurança e confiabilidade dos serviços que se relacionam diretamente com a satisfação do usuário e a melhora da eficácia do sistema de transporte público. Se pode considerar a opção da Colômbia de ter o programa ETIC para medir a qualidade e o nível de serviço prestado ou do Londres de um Indicador de Interrupção de Propriedade (PDI). Também o feito nos Estados Unidos através de técnicas de modelagem econométrica e sinalização nos cruzamentos em tempo real.
- Procurar como estratégia defensiva os possíveis stakeholders como base para o estudo de mercado feito como forma de garantir bem as partes interessadas no projeto.

Para a comunidade científica:

- Promover, como estratégia ofensiva, estudos do sistema de transporte sustentáveis através do uso de ônibus articulados elétricos no contexto nacional, tendo em conta a experiência de sucesso acontecida no Chile como referência.
- Contextualizar este tópico em outros cenários de amostra para estabelecer comparações com o estudo de caso pesquisado.

Para as empresas do setor de transporte público:

- Fortalecer como estratégia adaptativa mecanismos de controle como o desenvolvido no Chile através de avaliações econômicas e técnicas da concessão do uso de rodovias.

9 Referências Bibliográficas

- Adkins, R., Paxson, D., Pereira, P. J., & Rodrigues, A. (2019). Investment decisions with finite-lived collars. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 103, 185-204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2019.04.008>
- Albalade, D., Bel, G., Bel-Piñana, P., & Geddes, R. R. (2015). Risk Mitigation and Sharing in Motorway PPPs: A Comparative Policy Analysis of Alternative Approaches. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 17(5), 481-501. doi: 10.1080/13876988.2015.1010788
- Aldy, J. E., Gerarden, T. D., & Sweeney, R. L. (2018). Investment versus output subsidies: Implications of alternative incentives for wind energy: National Bureau of Economic Research.
- Alexandre, R. W. C., & Balassiano, R. (2012). BRT no Rio de Janeiro: Implicações para a Mobilidade Urbana.
- Alonso-Conde, A. B., Brown, C., & Rojo-Suarez, J. (2007). Public private partnerships: Incentives, risk transfer and real options. *Review of Financial Economics*, 16(4), 335-349. doi: DOI: 10.1016/j.rfe.2007.03.002
- Ardila-Gómez, A. (2004). Transit planning in Curitiba and Bogotá. Roles in interaction, risk, and change. *Unpublished Ph. D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology*.
- Ardila, A., & Rodriguez, D. A. (2000). How chaos does not destroy ridership: operations of an exclusive busway carrying more than 35,000 passengers per hour per direction. *Transportation Research Record*, 1726(1), 1-7.
- Asao, K., Miyamoto, T., Kato, H., & Diaz, C. E. D. (2013). Comparison of revenue guarantee programs in build-operation-transfer projects. *Built Environment Project and Asset Management*.
- Attarzadeh, M., Chua, D. K., Beer, M., & Abbott, E. L. (2017). Options-based negotiation management of PPP-BOT infrastructure projects. *Construction management and economics*, 35(11-12), 676-692.
- Avila-Torres, P., Caballero, R., Litvinchev, I., Lopez-Irarragorri, F., & Vasant, P. (2018). The urban transport planning with uncertainty in demand and travel time: a comparison of two defuzzification methods. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(3), 843-856.
- Babilotte, C., & Rambaud, F. (2005). Bus with a High Level of Service: Concept and Recommendations. *Lyon: CERTU*.
- Balassiano, R. (2009). Prioridade para o Transporte Coletivo: O potencial dos BRTs. *Cadernos de Boas Práticas em Arquitetura-Transportes, Instituto dos Arquitetos do Brasil, Departamento do Rio de Janeiro, IAB-RJ, Rio de Janeiro*, 9-11.
- Balassiano, R. (2012). Mobilidade urbana no âmbito da economia verde.
- Barbieri, J. C., Álvares, A. C. T., & Machline, C. (2007). Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*(4), 131.
- Basso, L. J., Feres, F., & Silva, H. E. (2019). The efficiency of bus rapid transit (BRT) systems: A dynamic congestion approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 127, 47-71.

- Beirão, G., & Cabral, J. S. (2007). Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study. *Transport policy*, 14(6), 478-489.
- Blank, F. F., Samanez, C. P., Baidya, T. K. N., & Dias, M. A. G. (2016). Economic valuation of a toll road concession with traffic guarantees and the abandonment option. *Production*, 26(1), 39-53.
- Bovy, P. (2017). Rio 2016 Olympic Games public transport development outstanding legacy and mobility sustainability *Working Paper, Mega Event Transport and Mobility, Lausanne, Switzerland*.
- Brandão, L. E., Bastian-Pinto, C., Gomes, L. L., & Labes, M. (2012). Government Supports in PPP Contracts: The Case of the Metro Line 4 of the São Paulo Subway System. *Journal of infrastructure systems*, 18(3), 218-225. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000095](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000095)
- Brandao, L. E., & Saraiva, E. (2011). Garantias Governamentais em Projetos de PPP - Uma Avaliação por Opções Reais. In L. E. Brandao & L. L. Gomes (Eds.), *Investimentos em Infraestrutura* (pp. 191-212). Rio de Janeiro: Mauad X.
- Brandao, L. E., & Saraiva, E. C. G. (2007). Garantias governamentais em projetos de PPP: uma avaliação por opções reais. *Pesquisa e Planejamento Econômico - PPE*, 37(3), 381-404.
- Brandão, L. E. T., & Cury, M. V. Q. (2006). Modelagem Híbrida para Concessões Rodoviárias com o uso da Teoria das Opções Reais: O caso da Rodovia BR-163. *Gestão.Org*, v.4(2), 121-140.
- Brandão, L. E. T., & Saraiva, E. C. G. (2008). The option value of government guarantees in infrastructure projects. *Construction management and economics*, 26(11), 1171 - 1180. doi: <https://doi.org/10.1080/01446190802428051>
- Brigham, F., & Ehrhardt, C. (2006). Administração Financeira: Teoria e Prática. Pioneira Thompson Learning, São Paulo.
- Brigham, F., Gapensski, L., & Ehrhardt, M. (2001). Administração Financeira: Teoria e Prática. Editora Atlas, São Paulo.
- Brigham, F., & Houston, J. (1999). Fundamentos da Moderna Administração Financeira. Editora Campus, Rio de Janeiro.
- Brill, M., Compernelle, T., De Borger, B., & Kort, P. Infrastructure investment in public transport: a strategic real options game.
- Buyukyoran, F., & Gundes, S. (2018). Optimized real options-based approach for government guarantees in PPP toll road projects. *Construction management and economics*, 36(4), 203-216. doi: 10.1080/01446193.2017.1347267
- Bruni, A. L., Famá, R., & Siqueira, J. d. O. (1998). Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. *Caderno de pesquisas em Administração*, 1(6), 62-75.
- Caicedo, B., Ocampo, M., & Sanchez-Silva, M. (2012). An integrated method to optimise the infrastructure costs of bus rapid transit systems. *Structure and infrastructure engineering*, 8(11), 1017-1033.
- Callaghan, L., & Vincent, W. (2007). Bus Rapid Transit and Transit Oriented Development: Case Studies on Transit Oriented Development Around Bus Rapid Transit Systems in North America and Australia.”.
- Cao, J., Cao, X., Zhang, C., & Huang, X. (2016). The gaps in satisfaction with transit services among BRT, metro, and bus riders: Evidence from Guangzhou. *Journal of Transport and Land Use*, 9(3), 97-109.

- Carbonara, N., Costantino, N., & Pellegrino, R. (2014a). Concession period for PPPs: A win-win model for a fair risk sharing. *International Journal of Project Management*, 32(7), 1223-1232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.007>
- Carbonara, N., Costantino, N., & Pellegrino, R. (2014b). Revenue guarantee in public-private partnerships: a fair risk allocation model. *Construction management and economics*, 32(4), 403-415. doi: 10.1080/01446193.2014.906638
- Carbonara, N., & Pellegrino, R. (2018). Revenue guarantee in public-private partnerships: a win-win model. *Construction management and economics*, 1-15. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1467028>
- Cervero, R. (1998). *The transit metropolis: a global inquiry*: Island press.
- Cervero, R. (2013). Bus rapid transit (BRT): An efficient and competitive mode of public transport: Working paper.
- Cervero, R., & Dai, D. (2014). BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments. *Transport policy*, 36, 127-138.
- Cervero, R., & Duncan, M. (2002). Land value impacts of rail transit services in Los Angeles County. *Report prepared for National Association of Realtors Urban Land Institute*.
- Cervero, R., & Kang, C. D. (2011). Bus rapid transit impacts on land uses and land values in Seoul, Korea. *Transport policy*, 18(1), 102-116.
- Cervero, R., & Landis, J. (1997). Twenty years of the Bay Area Rapid Transit system: Land use and development impacts. *Transportation research Part A: policy and practice*, 31(4), 309-333.
- Cervero, R., & Seskin, S. (1995). An evaluation of the relationships between transit and urban form. *TCRP Research Results Digest*(7).
- Cruz-Daraviña, P. A., Sánchez-Díaz, I., & Bocarejo Suescún, J. P. (2021). Bus Rapid Transit (BRT) and Urban Freight—Competition for Space in Densely Populated Cities. *Sustainability*, 13(12), 6611.
- Currie, G. (2006). Bus transit oriented development—strengths and challenges relative to rail. *Journal of Public Transportation*, 9(4), 1.
- Currie, G., & Delbosc, A. (2011). Understanding bus rapid transit route ridership drivers: An empirical study of Australian BRT systems. *Transport policy*, 18(5), 755-764.
- Chao, Z., & Xiaohong, C. (2013). Optimizing battery electric bus transit vehicle scheduling with battery exchanging: Model and case study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 2725-2736.
- Chen, X., Hellinga, B., Chang, C., & Fu, L. (2015). Optimization of headways with stop-skipping control: a case study of bus rapid transit system. *Journal of Advanced Transportation*, 49(3), 385-401.
- Chiara, N., & Garvin, M. (2007). Using Real Options for Revenue Risk Mitigation in Transportation Project Financing. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1993(-1), 1-8. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1076-0342\(2007\)13:2\(97\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2007)13:2(97))
- Choi, U.-D., Jeong, H.-K., & Jeong, S.-K. (2012). *Commercial operation of ultra low floor electric bus for Seoul city route*. Paper presented at the 2012 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.
- Chu, X., Wang, S., & Feng, K. (2017). Evaluating demand guarantee for PPP projects by real-option pricing *ICCREM 2017* (pp. 155-162).

- Danielova, A., & Sarkar, S. (2011). The effect of leverage on the tax-cut versus investment-subsidy argument. *Review of Financial Economics*, 20(4), 123-129.
- Dantas, R., Dantas, J., Melo, C., & Maciel, P. (2021). Performance Evaluation in BRT Systems: An Analysis to Predict the BRT Systems Planning. *Case Studies on Transport Policy*.
- Dantas, R., Dantas, J., Melo, C., Maciel, P., & Alves, G. (2018). *A performativity model for the brt system*. Paper presented at the 2018 Annual IEEE International Systems Conference (SysCon).
- de Infraestrutura, S. (2018). *Giovanni Victor Evangelista de Barros*. PUC-Rio.
- Dendura, B. (2020). Olympic Infrastructure—Global Problems of Local Communities on the Example of Rio 2016, PyeongChang 2018, and Krakow 2023. *Sustainability*, 12(1), 141.
- Deng, T., & Nelson, J. D. (2011). Recent developments in bus rapid transit: a review of the literature. *Transport reviews*, 31(1), 69-96.
- Diaz, R. B., & Schneck, D. C. (2000). Bus rapid transit technologies in the Americas: An overview. *Transportation Research Record*, 1731(1), 3-9.
- Dreier, D., Silveira, S., Khatiwada, D., Fonseca, K. V., Nieweglowski, R., & Schepanski, R. (2018). Well-to-Wheel analysis of fossil energy use and greenhouse gas emissions for conventional, hybrid-electric and plug-in hybrid-electric city buses in the BRT system in Curitiba, Brazil. *Transportation research Part D: transport and environment*, 58, 122-138.
- Duarte, F., & Ultramari, C. (2012). Making public transport and housing match: Accomplishments and failures of Curitiba's BRT. *Journal of Urban Planning and Development*, 138(2), 183-194.
- Dziekan, K., & Vermeulen, A. (2006). Psychological effects of and design preferences for real-time information displays. *Journal of Public Transportation*, 9(1), 1.
- Endler, L. (2004). Avaliação de empresas pelo método de fluxo de caixa descontado e os desvios causados pela utilização de taxas de desconto inadequadas. *Contexto*, 4(6).
- Engel, E., Fischer, R., & Galetovic, A. (2001). Least-Present-Value-of-Revenue Auctions and Highway Franchising. *Journal of political economy*, 109(5), 993-1020. doi: 10.1086/322832
- Fatnassi, E., Chaouachi, J., & Klibi, W. (2015). Planning and operating a shared goods and passengers on-demand rapid transit system for sustainable city-logistics. *Transportation Research Part B: Methodological*, 81, 440-460.
- Feng, Z., Zhang, S.-B., & Gao, Y. (2015). Modeling the impact of government guarantees on toll charge, road quality and capacity for Build-Operate-Transfer (BOT) road projects. *Transportation research Part A: policy and practice*, 78, 54-67. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.006>
- Finn, B. (2013). Organisational structures and functions in Bus Rapid Transit, and Opportunities for private sector participation. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 143-149.
- Finn, B., Heddebaut, O., Kerkhof, A., Rambaud, F., Sbert-Lozano, O., & Soulas, C. (2011). Buses with high level of service: fundamental characteristics and recommendations for decision making and research. *Cost action TU0603, Final Report*.
- Fjellstrom, K. (2010). Bus rapid transit in China. *Built Environment*, 36(3), 363-374.

- Fonseca, Y. D. d., & Bruni, A. L. (2010). Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura.
- Fox, H. (2000). World Bank urban transport strategy review—Mass rapid transit in developing countries. *Final Report, World Bank, Washington, DC*.
- Galera, A. L. L., & Solino, A. S. (2010). A Real Options Approach for the Valuation of Highway Concessions. *Transportation science*, 44(3), 416-427. doi: 10.1287/trsc.1090.0299
- Garvin, M. J., & Cheah, C. Y. J. (2004). Valuation techniques for infrastructure investment decisions. *Construction management and economics*, 22(4), 373 - 383.
- Gilbert, A. (2008). Bus rapid transit: is Transmilenio a miracle cure? *Transport reviews*, 28(4), 439-467.
- Glaeser, E. L. (2012). The challenge of urban policy. *Journal of Policy Analysis and Management*, 31(1), 111-122.
- Grimsey, D., & Lewis, M. (2007). *Public private partnerships: The worldwide revolution in infrastructure provision and project finance*: Edward Elgar Publishing.
- Hawas, F., & Cifuentes, A. (2016). Valuation of projects with minimum revenue guarantees: A Gaussian copula-based simulation approach. *The Engineering Economist*, 1-13. doi: 10.1080/0013791x.2016.1153178
- Heddebaut, O., Finn, B., Rabuel, S., & Rambaud, F. (2010). The European Bus with a High Level of Service (BHLS): concept and practice. *Built Environment*, 36(3), 307-316.
- Heinicke, M., & Wagenhaus, G. (2015). Sustainability in the car-based mobility: the case of the electric vehicle Editha. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Helmets, E., & Marx, P. (2012). Electric cars: technical characteristics and environmental impacts. *Environmental Sciences Europe*, 24(1), 1-15.
- Hensher, D. A. (1999). A bus-based transitway or light rail? Continuing the saga on choice versus blind commitment. *Road & Transport Research*, 8(3), 3.
- Hensher, D. A., & Golob, T. F. (2008). Bus rapid transit systems: a comparative assessment. *Transportation*, 35(4), 501-518.
- Hess, D. B., & Bitterman, A. (2008). Bus rapid transit identity: An overview of current “branding” practice. *Journal of Public Transportation*, 11(2), 2.
- Hidalgo, D. (2009). Citywide transit integration in a large city: The Interligado system of Sao Paulo, Brazil. *Transportation Research Record*, 2114(1), 19-27.
- Hidalgo, D., & Carrigan, A. (2010). Lessons Learned From Major Bus Improvements in Latin America and Asia: Modernizing Public Transport.
- Hidalgo, D., & Graftieaux, P. (2008). Bus rapid transit systems in Latin America and Asia: results and difficulties in 11 cities. *Transportation Research Record*, 2072(1), 77-88.
- Hidalgo, D., & Gutiérrez, L. (2013). BRT and BHLS around the world: Explosive growth, large positive impacts and many issues outstanding. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 8-13.
- Hidalgo, D., & Muñoz, J. C. (2014). A review of technological improvements in bus rapid transit (BRT) and buses with high level of service (BHLS). *Public Transport*, 6(3), 185-213.
- Hinebaugh, D. (2009). Characteristics of bus rapid transit for decision-making.

- Hoffman, A. (2008). Advanced network planning for bus rapid transit: the “Quickway” model as a modal alternative to “Light Rail Lite”.
- Huang, Y., Hu, H., Chen, J., & Dai, L. (2021). Decision Making on Government Subsidy for Highway Public-Private Partnership Projects in China Using an Iteration Game Model. *Promet-Traffic&Transportation*, 33(3), 399-412.
- Huang, Y. L., & Chou, S. P. (2006). Valuation of the minimum revenue guarantee and the Option to abandon in BOT infrastructure projects. *Construction management and economics*, 24(5), 379-389. doi: <https://doi.org/10.1080/01446190500434997>
- Ingvardson, J. B., & Jensen, J. K. (2012). Implementation of bus rapid transit in copenhagen based on international experiences. *Technical University of Denmark*.
- Irwin, T. (2003). Public Money for Private Infrastructure: Deciding When to Offer Guarantees, Output-Based Subsidies, and Other Fiscal Support *World Bank Working Paper* (Vol. n° 10). Washington, DC.
- Iyer, K., & Sagheer, M. (2011). A real options based traffic risk mitigation model for build-operate-transfer highway projects in India. *Construction management and economics*, 29(8), 771-779.
- Jaiswal, S., Bunker, J., & Ferreira, L. (2010). Influence of platform walking on BRT station bus dwell time estimation: Australian analysis. *Journal of Transportation Engineering*, 136(12), 1173-1179.
- Jarzab, J. T., Lightbody, J., & Maeda, E. (2002). Characteristics of bus rapid transit projects: An overview. *Journal of Public Transportation*, 5(2), 2.
- Jazia, A. B. (2017). On dynamic Minimum Revenue Guarantees in Public Private Partnerships with flexible durations.
- Jin, H., Liu, S., Sun, J., & Liu, C. (2021). Determining concession periods and minimum revenue guarantees in public-private-partnership agreements. *European journal of operational research*, 291(2), 512-524.
- Kassens-Noor, E., Gaffney, C., Messina, J., & Phillips, E. (2018). Olympic transport legacies: Rio de Janeiro’s bus rapid transit system. *Journal of Planning Education and Research*, 38(1), 13-24.
- Kline, S., & Forbes, S. (2012). Midsize cities on the move: A look at the next generation of rapid bus, bus rapid transit, and streetcar projects in the United States. *Reconnecting America*.
- Knight, R. L., & Trygg, L. L. (1977). Evidence of land use impacts of rapid transit systems. *Transportation*, 6(3), 231-247.
- Kotkin, J. (2010). In pictures: The next decade’s fastest growing cities. *Forbes*. https://www. forbes. com/2010/10/07/cities-china-chicago-opinions-columnists-joel kotkin_slide_4. html# 6436374011d2.
- Kühne, R. (2010). Electric buses—An energy efficient urban transportation means. *Energy*, 35(12), 4510-4513.
- Kumar, C. (2018). Role of bidding method and risk allocation in the performance of public private partnership (PPP) projects: Indira Gandhi Institute of Development Research, Mumbai, India.
- Kumar, N. M., Prabakaran, N., Jerin, A. R. A., & Jayakumar, A. (2019). Impact of performance degradation and capital subsidy on the revenue of rooftop PV system. *Int. J. Renew. Energy Res*, 9(1), 128-136.
- Lajunen, A. (2018). Lifecycle costs and charging requirements of electric buses with different charging methods. *Journal of Cleaner Production*, 172, 56-67.

- Lara Galera, A., Sánchez Soliño, A., & Abad, B. G. (2018). Sharing risks in toll motorway concessions: subsidies as real options on traffic volume. *Journal of infrastructure systems*, 24(4), 06018001.
- Lerner, J. (2009). Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano. *Curitiba: NTU*.
- Levinson, H. S., Zimmerman, S., Clinger, J., Bast, J., Rutherford, S., & Bruhn, E. (2003). Bus rapid transit, volume 2: Implementation guidelines.
- Levinson, H. S., Zimmerman, S., Clinger, J., & Rutherford, G. S. (2002). Bus rapid transit: An overview. *Journal of Public Transportation*, 5(2), 1.
- Lindau, L. A., dos Santos Senna, L. A., Strambi, O., & Martins, W. C. (2008). Alternative financing for bus rapid transit (BRT): the case of Porto Alegre, Brazil. *Research in Transportation Economics*, 22(1), 54-60.
- Lindau, L. A., Hidalgo, D., & Facchini, D. (2010). Curitiba, the cradle of bus rapid transit. *Built Environment*, 36(3), 274-282.
- Liu, F., Liu, J., & Yan, X. (2020). Solving the Asymmetry Multi-Objective Optimization Problem in PPPs under LPVR Mechanism by Bi-Level Programing. *Symmetry*, 12(10), 1667.
- Lyons, L., Lozano, A., Granados, F., Guzmán, A., & Antøen, J. P. (2012). Impact of the recent environmental policies on the freight transportation in Mexico City. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 39, 437-449.
- Marques, N. L., Bastian-Pinto, C., Brandão, L. E., & Gonzaga, B. EVALUATION OF FLEXIBLE CONCESSION CONTRACTS.
- Marques, N. L., Bastian-Pinto, C. d. L., & Brandão, L. E. T. (2020). A Tutorial for Modeling Real Options Lattices from Project Cash Flows. *Journal of Contemporary Administration*, 25(1). doi: <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2021200093>
- Martins, J., Marques, R. C., & Cruz, C. O. (2014). Maximizing the value for money of PPP arrangements through flexibility: An application to airports. *Journal of air transport management*, 39, 72-80.
- Mavi, R. K., Zarbakhshnia, N., & Khazraei, A. (2018). Bus rapid transit (BRT): A simulation and multi criteria decision making (MCDM) approach. *Transport policy*, 72, 187-197.
- McLachlan, N. (2010). *The introduction of bus rapid transit systems in South African Cities—participation of the minibus taxi industry—a model for sustainability or a recipe for failure*. Paper presented at the 14th International CODATU Conference, Buenos Aires.
- Menezes, F., & Ryan, M. (2015). Default and renegotiation in public-private partnership auctions. *Journal of Public Economic Theory*, 17(1), 49-77.
- Merkert, R., Mulley, C., & Hakim, M. M. (2017). Determinants of bus rapid transit (BRT) system revenue and effectiveness—A global benchmarking exercise. *Transportation research Part A: policy and practice*, 106, 75-88.
- Meyer, J. R., Kain, J. F., & Wohl, M. (2013). *The urban transportation problem*: Harvard University Press.
- Millo, F., Rolando, L., Fuso, R., & Mallamo, F. (2014). Real CO2 emissions benefits and end user's operating costs of a plug-in hybrid electric vehicle. *Applied Energy*, 114, 563-571.
- Montezuma, R. (2008). *La ciudad del tranvía. 1880–1920: Bogotá: transformaciones urbanas y movilidad. Volumen 1*: Editorial Universidad del Rosario.

- Mullins III, J. A., Washington, E. J., & Stokes, R. W. (1989). Land use impacts of the Houston transitway system. *Transportation Research Record*(1237).
- Muñoz, J. C., de Dios Ortuzar, J., & Gschwender, A. (2016). Transantiago: the fall and rise of a radical public transport intervention *Travel Demand Management and Road User Pricing* (pp. 171-192): Routledge.
- Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E.-K., Do, T. D., & Jung, J.-W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and sustainable energy reviews*, 34, 501-516.
- Nikitas, A., & Karlsson, M. (2015). A worldwide state-of-the-art analysis for bus rapid transit: Looking for the success formula. *Journal of Public Transportation*, 18(1), 3.
- Nikitas, A., Kougias, I., Alyavina, E., & Njoya Tchouamou, E. (2017). How can autonomous and connected vehicles, electromobility, BRT, hyperloop, shared use mobility and mobility-as-a-service shape transport futures for the context of smart cities? *Urban Science*, 1(4), 36.
- Pereira, P., Rodrigues, A., & Rocha Armada, M. J. (2007). The Optimal Timing for the Construction of an Airport. *SSRN eLibrary*.
- Pereira, R. H. (2018). Transport legacy of mega-events and the redistribution of accessibility to urban destinations. *Cities*, 81, 45-60.
- Pereira, R. H. (2019). Future accessibility impacts of transport policy scenarios: Equity and sensitivity to travel time thresholds for Bus Rapid Transit expansion in Rio de Janeiro. *Journal of transport geography*, 74, 321-332.
- Perk, V., Catalá, M., Mantius, M., & Corcoran, K. (2017). Impacts of Bus Rapid Transit (BRT) on Surrounding Residential Property Values.
- Perk, V. A., & Catala, M. (2009). Land use impacts of bus rapid transit: effects of BRT station proximity on property values along the Pittsburgh Martin Luther King, Jr. East Busway.
- Poku-Boansi, M., & Marsden, G. (2018). Bus rapid transit systems as a governance reform project. *Journal of transport geography*, 70, 193-202.
- Polzin, S. E., & Baltes, M. R. (2002). Bus rapid transit: a viable alternative? *Journal of Public Transportation*, 5(2), 3.
- Power, G. J., Burris, M., Vadali, S., & Vedenov, D. (2016). Valuation of strategic options in public-private partnerships. *Transportation research Part A: policy and practice*, 90, 50-68.
- Proboste, F., Muñoz, J. C., & Gschwender, A. (2020). Comparing social costs of public transport networks structured around an Open and Closed BRT corridor in medium sized cities. *Transportation research Part A: policy and practice*, 138, 187-212.
- Program, T. C. R., & Levinson, H. S. (2003). *Bus rapid transit: Transit Cooperative Research Program*.
- Pucher, J., Korattyswaropam, N., Mittal, N., & Ittyerah, N. (2005). Urban transport crisis in India. *Transport policy*, 12(3), 185-198.
- Quimbayo, C. A. Z., Vega, C. A. M., & Marques, N. L. (2019). Minimum revenue guarantees valuation in PPP projects under a mean reverting process. *Construction management and economics*, 37(3), 121-138. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1500024>
- Rahman, M., Kattan, L., & Wirasinghe, S. (2011). *Factors affecting bus travel time in moderate frequency transit bus routes—a case study of Calgary transit*.

- Paper presented at the Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM) Conference, Lake Louise, Canada, July.
- Rahman, M. S.-U., Timms, P., & Montgomery, F. (2012). Integrating BRT systems with rickshaws in developing cities to promote energy efficient travel. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 261-274.
- Rakić, B., & Radenović, T. (2014). Real options methodology in public-private partnership projects valuation. *Economic annals*, 59(200), 91-113.
- Reais, O. (2020). *Carlos Henrique Lopes de Souza*. PUC-Rio.
- Ripert, C., & Browne, M. (2009). LA DÉMARCHE EXEMPLAIRE DE PARIS POUR LE TRANSPORT DE MARCHANDISES EN VILLE: La logistique urbaine, acquis et perspectives. *Les Cahiers scientifiques du transport*(55).
- Rocha Armada, M. J., Pereira, P. J., & Rodrigues, A. (2012). Optimal subsidies and guarantees in public-private partnerships. *The European Journal of Finance*, 18(5), 469-495. doi: 10.1080/1351847x.2011.639789
- Rodríguez, D. A., & Mojica, C. H. (2009). Capitalization of BRT network expansions effects into prices of non-expansion areas. *Transportation research Part A: policy and practice*, 43(5), 560-571.
- RODRÍGUEZ**, D. A., & Targa, F. (2004). Value of accessibility to Bogotá's bus rapid transit system. *Transport reviews*, 24(5), 587-610.
- Rogat, J. (2009). Planificación e implementación de un sistema de bus rápido en América Latina: resumen orientado a tomadores de decisiones: Guía para tomadores de decisiones.
- Rojas, M. Y. C. (2017). Marco analítico del sistema de autobuses de tránsito rápido-BRT. *Revista de Direito da Cidade*, 9(1), 136-162.
- Rouhani, O. M., Geddes, R. R., Do, W., Gao, H. O., & Beheshtian, A. (2018). Revenue-risk-sharing approaches for public-private partnership provision of highway facilities. *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), 439-448.
- Sakhno, V., Gerlici, J., Poliakov, V., Kravchenko, A., Omelnitsky, O., & Lack, T. (2019). *Road train motion stability in BRT system*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- Sampaio Filho, A. C. d. S. (2008). Taxa interna de retorno modificada: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc.
- Sánchez-Silva, M. (2019). Flexibility of infrastructure management decisions: the case of a project expansion. *Structure and infrastructure engineering*, 15(1), 72-81.
- Sebastiani, M. T., Lüders, R., & Fonseca, K. V. O. (2016). Evaluating electric bus operation for a real-world BRT public transportation using simulation optimization. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 17(10), 2777-2786.
- Shan, L., Garvin, M. J., & Kumar, R. (2010). Collar options to manage revenue risks in real toll public-private partnership transportation projects. *Construction management and economics*, 28(10), 1057-1069. doi: 10.1080/01446193.2010.506645
- Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Shi, S., Yin, Y., & Guo, X. (2016). Optimal choice of capacity, toll and government guarantee for build-operate-transfer roads under asymmetric cost information. *Transportation Research Part B: Methodological*, 85, 56-69.

- Silaen, S. K., Nasution, A. D., & Suwanto, H. (2018). *Public preference for new service network plan brt trans mebidang (route: Pancurbatu-sambu market center)*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Stokenberga, A. (2014). Does bus rapid transit influence urban land development and property values: a review of the literature. *Transport reviews*, 34(3), 276-296.
- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit: Transit and land-use integration for sustainable urban development*: World Bank Publications.
- Talbot, A. (2021). Talking about the 'rotten fruits' of Rio 2016: Framing mega-event legacies. *International Review for the Sociology of Sport*, 56(1), 20-35.
- Tejada, J. M. (2002). El transporte colectivo urbano: aplicación del enfoque de sistemas para un mejor servicio. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 12(34), 285-302.
- Thilakaratne, R., Wirasinghe, S., & Hubbell, J. (2011). Analysis of flows and speeds of urban transit systems for consideration of modal transition in a corridor. *Urban transport XVII: Urban transport and the environment in the 21st century*, 116, 251-261.
- Trigeorgis, L., & Tsekrekos, A. E. (2018). Real Options in Operations Research: A Review. *European journal of operational research*, 270(1), 1-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.055>
- Trubia, S., Severino, A., Curto, S., Arena, F., & Pau, G. (2020). On BRT spread around the world: Analysis of some particular cities. *Infrastructures*, 5(10), 88.
- Vassallo, J. M. (2010). The role of the discount rate in tendering highway concessions under the LPVR approach. *Transportation research Part A: policy and practice*, 44(10), 806-814.
- Vecino-Ortiz, A. I., & Hyder, A. A. (2015). Road safety effects of bus rapid transit (BRT) systems: a call for evidence. *Journal of urban health*, 92(5), 940-946.
- Venter, C. (2013). The lurch towards formalisation: Lessons from the implementation of BRT in Johannesburg, South Africa. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 114-120.
- Vuchic, V. R. (2007). *Urban transit systems and technology*: John Wiley & Sons.
- Walters, J. (2008). Overview of public transport policy developments in South Africa. *Research in Transportation Economics*, 22(1), 98-108.
- Weinstock, A., Hook, W., Replogle, M., & Cruz, R. (2011). Recapturing global leadership in bus rapid transit: A survey of select US Cities.
- Weston, J., & Brigham, F. (2004). *Fundamentos de Administração Financeira*. Pearson Makron Books, São Paulo.
- Wibowo, A. (2004). Valuing guarantees in a BOT infrastructure project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 11(6), 395-403. doi: 10.1108/09699980410571543
- Wirasinghe, S., Kattan, L., Rahman, M., Hubbell, J., Thilakaratne, R., & Anowar, S. (2013). Bus rapid transit—a review. *International Journal of Urban Sciences*, 17(1), 1-31.
- Wright, L. (2010). Bus rapid transit: a public transport renaissance. *Built Environment (1978-)*, 36(3), 268-273.

- Wright, L., & Hook, W. (2007). Bus rapid transit planning guide. *Institute for Transportation and Development Policy, New York.*
- Wu, X., Cao, X. J., & Ding, C. (2020). Exploring rider satisfaction with arterial BRT: An application of impact asymmetry analysis. *Travel Behaviour and Society, 19*, 82-89.
- Yamawaki, Y., Castro Filho, F., & Costa, G. (2020). Mega-event transport legacy in a developing country: The case of Rio 2016 Olympic Games and its Transolímpica BRT corridor. *Journal of transport geography, 88*, 102858.
- Yang, P. (2016). *Essays on the Theory of Investment Subsidy*. University of Essex.
- Yang, W.-h., & Dai, D.-s. (2006, 5-7 Oct. 2006). Concession Decision Model of BOT Projects Based on a Real Options Approach. Paper presented at the Management Science and Engineering, 2006. ICMSE '06. 2006 International Conference on.
- Zamora-Colín, U., Campos-Alanís, H., & Calderón-Maya, J. R. (2013). Bus Rapid Transit (BRT) en ciudades de América Latina, los casos de Bogotá (Colombia) y Curitiba (Brasil). *Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 15*(1), 101-118.
- Zhang, M., & Yen, B. T. (2020). The impact of Bus Rapid Transit (BRT) on land and property values: A meta-analysis. *Land Use Policy, 96*, 104684.
- Zimmerman, S. L., & Levinson, H. (2004). Vehicle selection for BRT: Issues and options. *Journal of Public Transportation, 7*(1), 5.

10. Anexos

10.1 Anexo 1

Vantagens e desvantagens dos principais subsídios descritos: subsídio de investimento, subsídio de receita, subsídio de garantia de demanda mínima e subsídio de opção de resgate.

Tipo de Subsídio	Vantagens	Desvantagens
Subsídio de investimento	<ul style="list-style-type: none"> • O subsídio torna a oportunidade de investimento mais valiosa. • Reduz o custo do investimento. • Uma demanda mais alta torna o projeto mais valioso e reduz o valor da opção de adiamento. Consequentemente, também reduz o subsídio necessário para a realização do projeto. • Maior volatilidade aumenta a opção de adiar, o que implica que um subsídio maior é necessário para que o investimento imediato seja ideal. Abaixo de um certo nível de σ, o investimento imediato é ótimo sem qualquer tipo de subsídio. • O custo líquido é o mesmo (igual ao valor da opção de diferimento), mas com pagamento imediato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os fluxos de caixa da concessão de investimento somente ocorrem quando o PPP é concedido.

	<ul style="list-style-type: none"> • Única estrutura de incentivos analisada que deve ser apresentada imediatamente. 	
Subsídio de receita	<ul style="list-style-type: none"> • O valor da oportunidade de investimento aumenta. • O valor dos fluxos de caixa subjacentes aumenta. • O custo líquido é o mesmo (igual ao valor da opção de diferimento), mas é pago ao longo do tempo no futuro. • Tipo de estrutura de incentivos que atrasa mais os pagamentos e antecipa mais a receita. • A razão dos valores das opções induzidos pelos quatro arranjos de incentivos ótimos, excluindo a opção de resgate, pode ser mostrado que o subsídio de receita produz o maior valor ($FR * (Q) > FI * (Q) > FD * (Q)$). • Um subsídio de receita aumenta, mais do que as outras estruturas de incentivo, o valor da oportunidade de investimento e, por sua vez, representa um maior compromisso futuro do governo com a empresa. • Estabelece contratualmente as regras de renegociação. • Garante a viabilidade financeira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta a quantidade de renegociações desnecessárias, se as bandas para acionamento do gatilho forem definidas incorretamente. • Enseja comportamentos oportunistas, o ente privado age com o incentivo de obter a concessão e solicitar o reequilíbrio por meio de gatilhos não previstos anteriormente, a fim de recuperar ou aumentar sua rentabilidade. • Em caso de balanceamento contratual por meio de aportes, impacta o orçamento do governo, sendo de difícil previsão o cálculo do passivo contingencial necessário para suportar possíveis aportes do governo. • Adiciona incerteza ao processo, considerando que a renegociação ocorre a posteriori. • Adiciona risco de liquidez às concessionárias.

	<ul style="list-style-type: none"> • Previsão de garantias do governo, a fim de evitar risco de default, em caso de balanceamento contratual por meio de aportes. • Seleção de variáveis de leilão que diminuam comportamentos oportunistas. • Estabelecimento de níveis adequados de convenientes e gatilhos apropriados. • Término do contrato em caso de insatisfação pelo Poder Concedente, de forma a evitar futuros comportamentos oportunistas. 	
Subsídio de garantia de demanda mínima	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento ou VPL, reduzindo a incerteza relacionada à demanda. • Aumentar o valor do projeto, reduzindo-o à incerteza subjacente. • A menos que você seja forçado a iniciar uma negociação quando a demanda estiver abaixo de um nível favorável, o investimento será atrasado ou o investimento atingirá uma garantia mínima esperada (QG) sob demanda. • A demanda garantida mais alta aumenta o VPL. Este efeito é, como esperado, mais pronunciado para os valores de demanda mais baixos (Q). Para níveis de exigência mais elevados, a probabilidade de utilização da salvaguarda proporcionada pela garantia é menor. O nível que garante um VPL positivo qualquer que seja a demanda, faz com que o investimento imediato seja sempre ótimo. • Gera fluxo de caixa menos positivo imediatamente, que é compensado por compromissos futuros menores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Às vezes, embora o VPL torne-se positivo antes mesmo de uma garantia mínima esperada (GQ), não é positivo o suficiente para tornar o investimento imediato ideal. • Para a empresa, a garantia induz a empresa a pagar um valor adicional, $A * D(Q)$, a partir do maior valor da oportunidade de investimento. • O custo líquido é sempre o valor da opção de diferimento, o que significa que o custo da garantia é superior ao custo da receita e da subvenção para investimento. • Aumenta a quantidade de renegociações desnecessárias, se as bandas para acionamento do gatilho forem definidas incorretamente. • Enseja comportamentos oportunistas, o ente privado age com o incentivo de obter a concessão e solicitar o reequilíbrio por meio de gatilhos não previstos anteriormente, a fim de recuperar ou aumentar sua rentabilidade.

	<ul style="list-style-type: none"> • A razão dos valores das opções induzidos pelos quatro arranjos de incentivos ótimos, excluindo a opção de resgate, pode-se mostrar que a garantia de demanda produz o menor valor ($FR * > FI * (Q) > FD * (Q)$). • Dentre os subsídios analisados, a garantia de demanda é a que produz as maiores entradas de caixa no presente (e as maiores saídas de caixa no futuro). • Estabelece contratualmente as regras de renegociação. • Garante a viabilidade financeira. • Previsão de garantias do governo, a fim de evitar risco de default, em caso de balanceamento contratual por meio de aportes. • Seleção de variáveis de leilão que diminuam comportamentos oportunistas. • Estabelecimento de níveis adequados de covenants e gatilhos apropriados. • Término do contrato em caso de insatisfação pelo Poder Concedente, de forma a evitar futuros comportamentos oportunistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de balanceamento contratual por meio de aportes, impacta o orçamento do governo, sendo de difícil previsão o cálculo do passivo contingencial necessário para suportar possíveis aportes do governo. • Adiciona incerteza ao processo, considerando que a renegociação ocorre a posteriori. • Adiciona risco de liquidez às concessionárias.
Subsídio de opção de resgate	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a incerteza do valor do projeto e aumenta ou VPL, induzindo um investimento antecipado. • Aumenta o valor do projeto, reduzindo-o à incerteza subjacente. • Permite que a empresa abandone o projeto, resgatado pelo governo, em troca de uma fração, θ, do investimento inicial. • Para um determinado valor de demanda, a opção de resgate induz um fluxo de caixa imediato máximo igual ao fluxo de caixa de subsídio de receita. 	<ul style="list-style-type: none"> • O valor agregado de esperar para investir na área de histerese torna-se menos valioso à medida que θ é aumentado e é quase desprezível após um certo nível. • A fração de resgate necessária para certos níveis de demanda é tão alta que, embora o custo seja o mesmo dos regimes de incentivos anteriores, pode explicar por que não é comum em acordos de PPP.

	<ul style="list-style-type: none"> • Quando o valor residual ótimo é menor que o custo do investimento ($SQ * (Q) < 1$), a opção de salvamento induz exatamente o mesmo valor que a garantia de demanda. • Existe um nível de demanda para o qual a opção de resgate produz o mesmo valor que o subsídio de receita. • Em conclusão, a opção de resgate leva a um valor de opção inferior ao produzido pelo subsídio de receita e superior ao produzido pela garantia à demanda ($FR * > FQ * (Q) > FD * (Q)$). • Uma opção de resgate, dando à empresa o direito de abandonar o projeto por uma fração do custo do investimento inicial, é idealmente concebida, implica para certos níveis de demanda que a fração recuperada deve ser significativamente maior. 	
--	---	--

Tabela 13: Quadro resumo das vantagens e desvantagens dos principais subsídios nos projetos PPP.

Fonte: Elaboração própria

10.2 Anexo 2

Contribuições relevantes dos sistemas BRT segundo os exemplos de sucesso das experiências internacionais.

Pais	Contribuição relevante
Colômbia	<ul style="list-style-type: none"> • Operações de pista dupla com estações com vários berços e amplo uso de despacho em tempo real e tecnologias de controle. • Serviços de tronco-alimentador integrados. • Forma de remuneração entre o fornecedor da frota e operador da frota. O fornecedor da frota está sujeito a uma remuneração por um valor fixo, com base na quantidade de ônibus acessíveis e as deduções por disponibilidade da frota. Pelo contrário o operador da frota está sujeito à remuneração de dois componentes: custo por quilômetro e o custo por ônibus. • A qualidade e o nível de serviço prestado pelos operadores são medidos através do ETIC (programa), constituído por um conjunto de indicadores quantitativos que medem a eficiência e a qualidade da operação e estão agrupados em quatro critérios: gestão da segurança rodoviária, gestão operacional, gestão da manutenção e gestão dos comportamentos operacionais.
Chile	<ul style="list-style-type: none"> • Como forma de controle, desenvolvem uma avaliação da concessão do uso de rodovias de duas maneiras: econômica (80%) e técnica (20%). • Serviços de tronco alimentador integrados. • Implementação de estratégias operacionais como serviços expressos e trens adicionais para melhorar a capacidade da operação. • Introdução de subsídios. • Possibilidade de transformar o transporte de ônibus tradicionais em elétricos devido a uma aliança público-privada. • Separação de custos na estrutura de pagamento. • Separação de agentes
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de modelagem econométrica para estimar mudanças nos valores das propriedades associadas ao BRT. • Sinalização nos cruzamentos em tempo real para informações do cliente nas estações.
Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • Na estrutura do sistema separa a propriedade da frota da sua operação e manutenção, facilitando assim uma possível reafecção da frota a diferentes operadores.

	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de pátios, para o fornecimento de peças de reposição e programas de manutenção da frota assumido pela administração.
Londres	<ul style="list-style-type: none"> • Oferecem dois tipos de incentivos às operadoras vinculados ao desempenho nos níveis de serviço: bônus ou pagamentos e extensões de contrato. • Sobre às condições de financiamento, os ônibus operam no sistema por meio de regime de locação, sendo o operador responsável pelo serviço de transporte e manutenção do veículo, estando forçado a pagar ao locador uma renda pela utilização do referido veículo. • Possui um Indicador de Interrupção de Propriedade (PDI), que mede o tempo de viagem excedente que o passageiro experimenta devido à manutenção planejada e aos trabalhos de engenharia.
França	<ul style="list-style-type: none"> • Possui uma linha de ônibus opticamente guiada que utiliza o ônibus diesel-elétrico. • Exclusividade e proteção das faixas de ônibus, incluindo passagens de nível separadas • Gestão eficiente do sistema de frota usando sistemas de transporte inteligentes.
Inglaterra	<ul style="list-style-type: none"> • A cidade inteira é construída em torno de um sistema de faixas de ônibus amplamente separadas. • Estabelece duas formas como modalidades de cobrança. A primeira por meios como cartão único, bilhetes individuais, curta e longa distância. Pelo contrário a segunda faz referência para diferentes formas de pagamento: zonal, débito automático, pré-pagamento, temporada e valor fixo com viagens ilimitadas.
Turquia	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de um BRT totalmente segregado usando faixas centrais da rodovia urbana principal.
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> • Têm corredores de ônibus guiados mecanicamente.
China	<ul style="list-style-type: none"> • A maior parte das faixas estão fisicamente separadas no canteiro central da rodovia. • Uso de estações de bilheteria externas fechadas, sistemas de informação dinâmicos e controles eletrônicos.
Austrália	<ul style="list-style-type: none"> • Design inovador na infraestrutura dos sistemas.

Tabela 14- Quadro resumo das contribuições relevantes de diferentes países para a implementação dos sistemas BRT.

Fonte: Elaboração própria.

10.3 Anexo 3

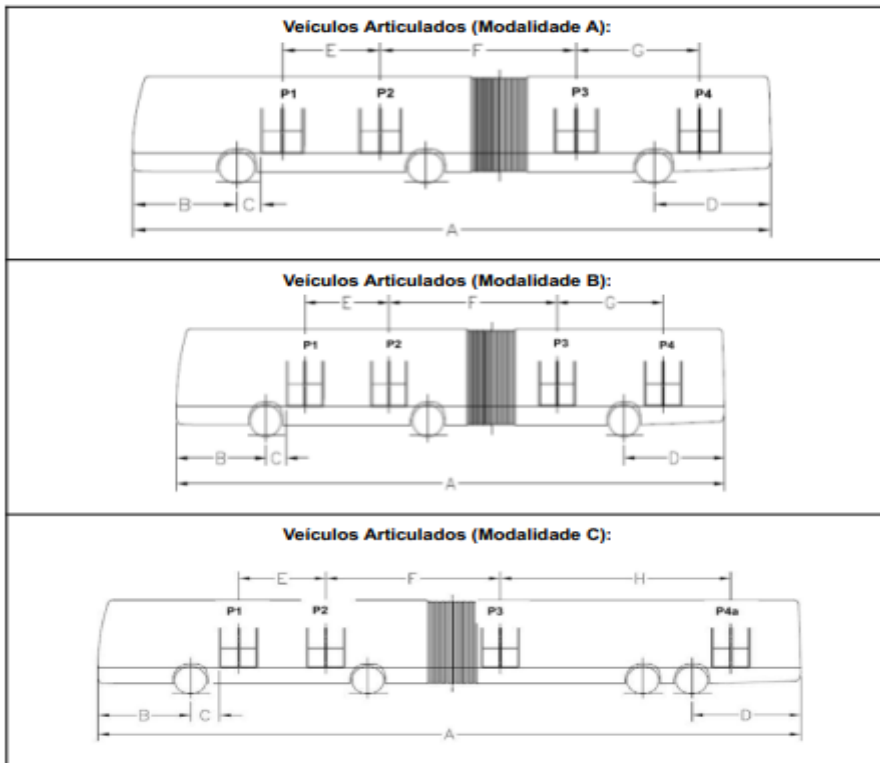


Figura 12- Croquis e cotas das diferentes classes de veículos do sistema BRT.
Fonte: SMRT_Edital.

10.4 Anexo 4

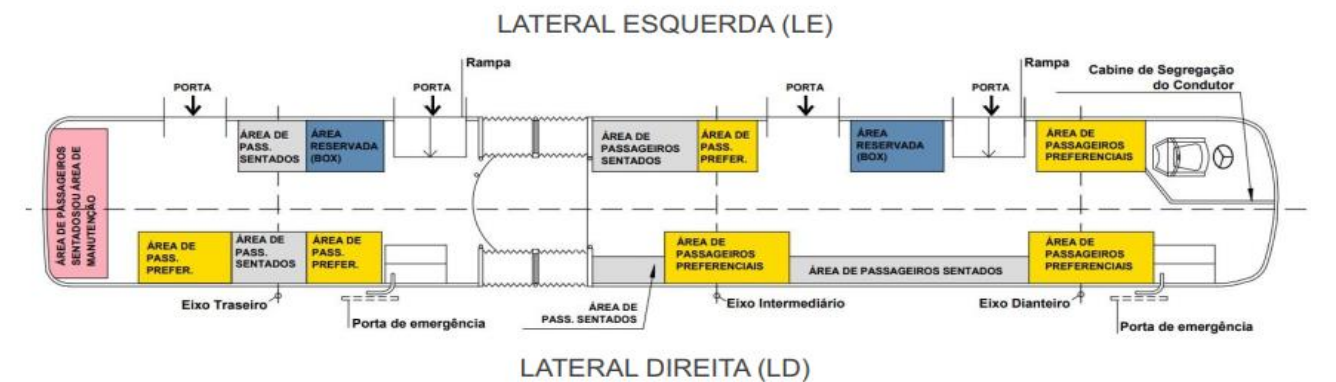


Figura 13- Layout para veículos do sistema BRT.
Fonte: SMTR_Edital.

10.5 Anexo 5

Dimensão	Cota	Tecnologias e Classes SISTEMA BRT		
		Diesel		
		Articulado Modalidade A	Articulado Modalidade B	Articulado Modalidade C
Dimensão Total e Eixos (mm)	A	entre 18.000 e 19.000 ¹ (6x2)	entre 20.000 e 21.000 ¹ (6x2 ou 8x2)	entre 22.000 e 23.000 ¹ (6x2 ou 8x2)
Balanço Dianteiro (mm)	B	2.550 até 3.100	2.550 até 3.100	2.550 até 3.100
Distância do eixo dianteiro até o início da 1ª porta (mm)	C	620 até 3.400	620 até 3.400	620 até 1.240
Balanço Traseiro (mm)	D	3.100 até 4.500	3.100 até 4.500	3.100 até 4.500
Distância entre Portas (mm) ²	E	2.850	2.850	2.850
	F	5.700	5.700	5.700
	G	3.600	3.600 ³	-
	H	-	-	7.550
	I	-	-	-
Altura do piso do ônibus em relação ao solo na região de embarque e desembarque (mm)	J	950 ⁴	950 ⁴	950 ⁴
Notas:				
¹ O veículo deve possuir Autorização Especial de Trânsito (AET) expedida pela SMTR.				
² Nas Distâncias entre Portas é necessário prever uma tolerância de ± 100 mm para garantir a amarração e reforço estrutural do veículo.				
³ São admitidas 3 portas apenas no caso de chassis que comprovadamente não permitam a alocação de 4 portas.				
⁴ Admite-se tolerância de ± 20 mm de forma a permitir embarque em nível.				
Características Técnicas	Unid.	Tecnologias e Classes SISTEMA BRT		
		Diesel		
		Articulado Modalidade A	Articulado Modalidade B	Articulado Modalidade C
Capacidade mínima de passageiros (sentados e em pé, incluindo área reservada para acomodação de cadeira de rodas ou cilo-guia, conforme ABNT 15.5700021)	pass.	130	170	190
Portas de Serviço LE	un.	4	3 ou 4	4
Portas de Serviço LD	un.	-	-	-
Portas de Emergência LD	un.	2	2	2
Peso Bruto Total (PBT) mínimo ¹	t	26		
Sistema de direção	-	hidráulico ou equivalente com coluna de direção ajustável		
Sistema de suspensão	-	pneumática		
Transmissão	-	automática		
Sistema de freio	-	sistema retardador de velocidade acoplado, conjugado com o pedal do freio ou do acelerador		
Vão livre mínimo das Portas de Serviço LE	mm	1100		
Vão livre mínimo das Portas da LD	mm	950 ²		
Extintores de incêndio (qtd. mínima)	un.	1	2	2
Notas:				
¹ Admitem-se veículos com PBT excedente aos valores estabelecidos, desde que regulamentados pelo CONTRAN.				
² Quando de emergência, admite-se vão livre mínimo de 700 mm.				

Tabela 15- Dimensões e características técnicas de cada tecnologia e classe.
Fonte: SMTR – BRT Adquisição_Edital.

10.6 Anexo 6

Tipologia	Características				Quantitativo por Corredor				
	Comprimento (m)	Largura (m)	Serviço	Acesso de usuários	Trans Oeste	Trans Carioca	Trans Olímpica	Trans Brasil	TOTAL
Tipo 1	70,50	5,15	Parador	Um lado	25	31	9	0	65
Tipo 2	68,10	3,15	Parador	Um lado	23	1	1	0	25
Tipo 3	48,90	3,15	Parador	Um lado	4	0	0	0	4
Tipo 4	160,2	5,15	Expr. / Parador	Dois lados	5	8	1	0	14
Tipo 5	75,40	5,15	Parador	Dois lados	4	2	6	0	12
Tipo 6 (Transbrasil)		6,00	Expr. / Parador	Via mezanino	0	0	0	16	16
Especial	-	-	-	-	1	3	1	2	7

Tabela 16- Características de estações do sistema BRT por tipologia arquitetônica.
Fonte: SMTR – BRT Adquisição_Edital.

10.7 Anexo 7

DRE

Receita Bruta

Receita de Construção
 Receitas Tarifárias BRT
 Receita com Base nos Custos
 Contraprestação
 Acessórias
 Bonus Demanda

Deduções

PIS/COFINS
 ISS
 INSS

Receita Operacional Líquida

Despesas Operacionais
 Diesel
 PAD
 Elétrico
 Outros Custos Operacionais
 Custos
 Onus da Concessão
 Onus Demanda

Custos de Construção
Lucro Bruto
Margem %
Despesas Administrativas
EBITDA
Margem %
Atualização Ativo Financeiro
EBITDA Ajustado
Margem %
Amortização
EBIT
Fluxo das Atividades
Amortização do Intangível
Resultado de Construção
Recebimento de Aporte de Recursos
Diferimentos
Despesas Prè-Operacionais
Impostos Diretos
Variação do Capital de Giro
Fluxo dos Investimentos
Capex Total
Implantação Garagem BRT
Meio Ambiente
Indenizações
Fluxo de Caixa Livre do Projeto
Fluxo de Caixa Livre Descontado do Projeto

Figura 14- Estrutura do Fluxo de Caixa Descontado do projeto desenvolvido pela Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro.
Fonte: SMTR.