



PROJETO DE GRADUAÇÃO

UM ESTUDO SOBRE O TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS DO DISTRITO FEDERAL: Dinâmica da mobilidade em áreas centrais

Por,
Renan Silveira Holtermann

Brasília, 20 de novembro de 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**UM ESTUDO SOBRE O TRANSPORTE
URBANO DE PASSAGEIROS DO DISTRITO
FEDERAL:
Dinâmica da mobilidade em áreas centrais**

POR,

Renan Silveira Holtermann

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Carlos Henrique Marques da Rocha, UnB/EPR
(Orientador)

Prof. João Mello da Silva, UnB/EPR

Prof. Nilo de Souza Campos, UnB/PPGT

Brasília, 20 de novembro de 2016

Agradecimentos

A todos àqueles que acompanharam, auxiliaram e estiveram presente ao longo desta graduação. Aos mestres, agradeço por toda paciência e atenção durante os ensinamentos, principalmente ao professor Doutor Carlos Rocha pela orientação, paciência e ajuda durante esta última etapa da graduação. Agradeço também aos meus colegas de curso, que ao longo dos anos pude desenvolver sólidas amizades. E principalmente, agradeço aos meus familiares pela criação dada, ensinamentos de valores e que sempre me proporcionaram condições para que pudesse sempre avançar em todas etapas vividas até agora.

Renan Silveira Holtermann

RESUMO

O transporte urbano é um elemento intrínseco na dinâmica das cidades, interagindo de maneira complexa com a população. O acesso aos centros urbanos, oportunidades de empregos, estudos, lazer, saúde e outros pode ocorrer através de diversas maneiras que vão desde deslocamento a pé ou por bicicleta, para locais mais próximos, até o uso de carros privados, motos, ônibus público, metrô e outros, quando o deslocamento é mais longo. Os avanços tecnológicos trouxeram o aumento do ritmo de vida: a informação é transferida em questão de instantes, a comunicação é feita de maneira remota e os deslocamentos acontecem cada vez mais rápidos. Assim, conforme as cidades se tornaram mais complexas, os deslocamentos necessários também tiveram o acréscimo de complexidade. Atualmente, a disputa por espaço nas vias urbanas acontece de forma muito intensa e a quantidade de veículos tem excedido suas capacidades, fatores que intensificam o trânsito, aumentam a retenção de veículos nas vias e aumentam os tempos de deslocamento. Analisando essa dinâmica pela óptica do transporte público, percebe-se que o usuário é quem se prejudica, uma vez que o serviço prestado é de baixa qualidade, confiabilidade e segurança, além do elevado tempo despendido durante o trajeto. Baseado nisso, este estudo analisará o transporte urbano de passageiros do Distrito Federal a fim de identificar oportunidades de melhorias através da redução do tempo de viagem e da satisfação do usuário do transporte público, utilizando-se de recursos e elementos trabalhados na Teoria das Filas aplicados ao software Arena.

Palavras Chave: Transporte urbano, transporte público, mobilidade, ônibus.

ABSTRACT

Urban transportation is an intrinsic element in the dynamics of cities, interacting in a complex way with the population. Access an urban centres, job opportunities, studies, leisure, health and others can be ranged due many way, which includes walking or bicycling, for near places, and the use of private cars, public transportation, rail and others, when the displacement is more extensive. Technological advances have provided an increase in the path of life: information is transferred in a matter of moments, communication is done remotely, and the displacements happen faster and faster. Thus, as cities became more complex, displacements also become more complicated or complex. Currently, a dispute for space on urban roads occurs very intensively and it is exceeded the number of cars allowed in the road, factors that intensify traffic, increase vehicle retention on the roads and increase travel times. Analysing this dynamic from the perspective of public transport, the perception that the service provided has low quality, reliability and safety, beyond the fact that travel time are taking long times to be completed. Based on that, this study analyse the urban transportation of the Distrito Federal in order to identify opportunities for improvements to reduce the time and guarantee quality for users, using resources and elements worked on the Queueing Theory applied to the Arena software.

Key Words: Urban transportation, public transportation, mobility, buses.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	JUSTIFICATIVA.....	6
2.1	TRANSPORTE URBANO NO DISTRITO FEDERAL.....	6
2.2	EXPRESSO DF.....	10
3.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	17
3.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4.1	QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO.....	22
2.4	DEMANDAS SOCIAIS.....	25
2.5	INTEGRAÇÃO.....	27
2.5.1	<i>INTEGRAÇÃO FÍSICA</i>	28
2.5.2	<i>INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA</i>	28
2.5.3	<i>INTEGRAÇÃO OPERACIONAL</i>	29
2.6	TEORIA DAS FILAS.....	32
5.	METODOLOGIA.....	35
6.	RESULTADOS.....	46
7.	CONCLUSÃO.....	50
8.	REFERÊNCIAS.....	52

Lista de Figuras

Figura 1 - Crítica representando o transporte urbano no Brasil	2
Figura 2 - Congestionamento em Brasília	3
Figura 3 - Distribuição geográfica da RIDE do Distrito Federal e Entorno	7
Figura 4 - Faixa exclusiva do Expresso DF	10
Figura 5 - Mapa resumo do Expresso DF	12
Figura 6 - Trajeto realizado pela linha 0.391	17
Figura 7 - Diversos tipos de linha de acordo com seu traçado	30
Figura 8 - Estrutura de um sistema de fila de espera	33
Figura 9 - Sistema de transporte urbano, analisado sob a ótica da Teoria das Filas	33
Figura 10 - Itinerário realizado pela Linha 0.156, prestado pela empresa Auto Viação Marechal	38
Figura 11 - Módulo Create ajustado para o sistema de transporte urbano do Distrito Federal	41
Figura 12 - Módulo Process ajustado para o sistema de transporte urbano do Distrito Federal	42
Figura 13 - Modelagem do sistema de transporte urbano do Plano Piloto com foco na via W3	43
Figura 14 - Modelo detalhado - Parte 1 de 5	43
Figura 15 - Modelo detalhado - Parte 2 de 5	44
Figura 16 - Modelo detalhado - Parte 3 de 5	44
Figura 17 - Modelo detalhado - Parte 4 de 5	45
Figura 18 - Modelo detalhado - Parte 5 de 5	45

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Divisão das Bacias do Serviço Básico	9
Tabela 2 - Dimensionamento da frota do STPB/DF	10
Tabela 3 - Valor tarifário de acordo com a classificação das linhas	14
Tabela 4 - Levantamento de informações das linhas que prestam serviços em Brasília (Plano Piloto).....	40
Tabela 5 - Quadro comparativo entra a simulação com as linhas do sistema total e da Bacia 48	

Lista de Símbolos

Símbolos Latinos

S	Espaço	[m]
T	Tempo	[s]
V_m	Velocidade Média	[m/s ²]
f	Frequência	[Hz]

Símbolos Gregos

Δ	Varição entre duas grandezas similares
λ	Taxa média de chegadas de clientes
μ	Taxa média de atendimento de um canal

Grupos Adimensionais

e	Número de Euler
---	-----------------

Siglas

ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
BRT	Bus Rapid Transit
CBN	Central Brasileira de Notícias
CCO	Centro de Controle Operacional
CEI	Centro de Erradicação de Invasões
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DFTRANS	Transporte Urbano do Distrito Federal
EPCL	Estrada Parque Ceilândia
EPIA	Estrada Parque Indústria e Abastecimento
EPNB	Estrada Parque Núcleo Bandeirante
EPTG	Estrada Parque Taguatinga
FIFO	<i>First in, first out</i>
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
G1	Portal de Notícias da Globo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
NP	<i>Non-Deterministic Polynomial Time</i>
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
PNE	Portadores de Necessidades Especiais
RA	Região Administrativa
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento Econômico
SIM	Sistema Integrado de Mobilidade
STPB/DF	Sistema de Transporte Público Básico
VLТ	Veículo Leve sob Trilhos
VRP	<i>Vehicle Routing Problem</i>

1. INTRODUÇÃO

O transporte urbano (ou transporte público, ou transporte coletivo) é um serviço prestado diariamente no Brasil. Neste modelo, os passageiros são servidos por terceiros, que podem ser representados por empresas públicas ou privadas. O transporte urbano é definido na Política Nacional de Mobilidade Urbana (2012) como o “conjunto dos modos e serviços de transporte público e privado utilizados para o deslocamento de pessoas e cargas nas cidades integrantes da Política Nacional de Mobilidade Urbana”.

Locomoção e deslocamento são atividades necessárias quando há o objetivo em atingir determinado destino. Essa atividade está presente diariamente quando se desloca para ir a um pequeno centro comercial, às atividades laborais e estudo, a lazer ou qualquer outra atividade que envolva deixar um ponto de origem e deixar um ponto de destino. Conforme as dinâmicas das cidades foram aumentando sua complexidade e avanços tecnológicos foram apresentando novas descobertas, os meios de transporte passaram por aprimoração e incremento. Deslocamentos que antes eram feitos a pé ou com animais passaram a serem realizados por carruagens, bicicletas, bonde, ônibus, metrô e carros particulares. Atualmente, o sistema de transporte urbano representa um sistema complexo, com diversas variáveis, interações e apresentam diversas oportunidades de estudo que são contemplados no campo da engenharia de produção; Como estudos de viabilidade econômica, técnica e ambiental para ampliação, ou criação, de uma linha de metrô, por exemplo, ou estudo da qualidade do serviço prestado, passando por análises de atendimento de demanda, atendimento no tempo correto, conforto do meio de transporte, preço da tarifa e etc. e o estudo de roteirização interna, para citar alguns exemplos dentre outros que podem ser abordados nesse tópico.

Uma das importâncias em se estudar o transporte público é devido a característica que os deslocamentos possuem. O tempo investido durante o deslocamento de uma residência para o trabalho, por exemplo, é um período onde não há criação e não há produção de valor e pode ser considerado como um período improdutivo. O deslocamento, neste caso, é uma necessidade, as pessoas precisam sair de suas residências, investir este tempo de deslocamento até atingir o seu centro produtivo, que pode ser o local de trabalho, estudo, lazer e outros, para assim iniciarem as suas atividades. Assim, compreender os aspectos que influenciam o deslocamento, incluindo o seu tempo de viagem, oportunidades de melhorias, oportunidades de integração e roteirização, são importantes para gerar benefícios para os agentes e usuários do transporte público de uma dada região.

Quando se analisa o transporte público prestado no Brasil há o senso comum que o serviço prestado é insuficiente, precário e não confiável. Analisando o serviço prestado em algumas cidades do país, percebe-se que as reclamações possuem embasamento. Em 2013, dissimulou-se pelo Brasil movimentos voltados a protestar a má qualidade dos serviços de transporte público prestados no país, como apresenta Pena (2016), as reclamações se voltaram para o aumento do preço das passagens, qualidade do serviço

prestado, ônibus com superlotação, veículos em má condições de uso e longos tempos de espera nos pontos de ônibus ou metrô. Ao analisar São Paulo, a cidade mais populosa do Brasil, Cruz (2015) apresenta um estudo realizado pela Rede Nossa São Paulo em conjunto com a Fecomércio-SP onde é apresentado o tempo que os paulistanos gastam em seus deslocamentos diários. A pesquisa apresenta que “para 23% dos moradores, duas horas é o tempo mínimo gasto no deslocamento para ir ao trabalho ou à escola, enquanto a parcela de 35% perde entre uma e duas horas para chegar ao destino”. A Figura 1 apresenta uma crítica ao transporte urbano no Brasil onde ônibus superlotados disputam espaços com carros subocupados, com bicicletas, que não possuem infraestrutura adequada para desenvolverem suas viagens e pedestres aguardando os ônibus em paradas com estrutura mínima.

Figura 1 - Crítica representando o transporte urbano no Brasil



Fonte: Urbanismo Radical de Fabian Todorovic Karmelic (2015)

Um estudo realizado pela empresa holandesa Tomtom (2016) ranqueou 295 cidades de 51 países onde foi realizado 14 trilhões de medições sobre os períodos de viagens. O estudo apresenta quanto tempo é dispendido adicionalmente na rotina de uma dada população nos horários de pico matutino e vespertino. A lista referente ao Brasil apresenta nove cidades, representadas por, em ordem decrescente de retenção de trânsito, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Fortaleza, São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Brasília e Curitiba. Para a capital federal, há um aumento médio de 19% no tempo total de deslocamento, desde a sua instalação até agora, sendo que no horário de pico matutino esse aumento chega a 32% e no horário de pico vespertino é igual à 48%. Este acréscimo de tempo é definido a partir do tempo dispendido quando há fluxo livre, ou seja, livre de congestionamento. Adicionalmente, o G1 DF (2016) apresenta que em Brasília os carros representam 70% dos veículos circulantes, superando 1,6 milhão de veículos, “enquanto que ônibus e micro-ônibus juntos atingem 1%”. Na Figura 2 é possível observar o trânsito durante o horário de pico em Águas Claras, uma região administrativa de Brasília.

Figura 2 - Congestionamento em Brasília



Fonte: Waze (2016)

Adicionalmente ao estudo desenvolvido pela Tomtom, um estudo realizado pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2012), analisou a rotina de 12,2 milhões de trabalhadores brasileiros distribuídos em 37 regiões metropolitanas, totalizando 601 municípios. Os resultados encontrados foram similares aos apresentados pela Tomtom. No Rio de Janeiro, por exemplo, 2,8 milhões de pessoas gastam 2 horas e 21 minutos por dia no trânsito, enquanto em São Paulo o tempo perdido é de 2 horas e 12 minutos por dia. Contudo, o estudo da FIRJAN apresenta a informação adicional referente ao prejuízo devido esta perda de tempo. De acordo com a Federação, o tempo desperdiçado no trânsito gera um prejuízo de mais de R\$ 111 milhões em nível nacional e afetando cerca de 5,9% e 5,7% do PIB metropolitano do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente.

Outro aspecto que merece atenção quando se fala em transporte urbano é o impacto que esse gera na saúde. Bazini (2011), jornalista da CBN entrevistou o Dr. Carlos Dora, que coordenou um trabalho de pesquisa da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre saúde no transporte urbano. Dora apresenta que “a mobilidade urbana interfere em aspectos como qualidade do ar, estresse e até mesmo em questões como sedentarismo, obesidade”, câncer e diabetes, devido a falta de incentivo existente para o uso de ônibus, metrô e bicicletas. Essas doenças citadas por Dora estão entre as maiores causadoras de mortes no mundo (OMS, 2014). Este problema funciona como uma bola de neve: a má eficiência do transporte público leva a população a preferirem o transporte individual, que gera o aumento de veículos na rua, aumentando os congestionamento e os tempos de viagem e fazendo com que o transporte urbano, sem

intervenção do estado, passe a ser cada vez menos atrativo. Além disso, o grande número de veículos na rua gera altas taxas de estresse, uma vez que profissionais são cobrados por pontualidade, seja para chegar na empresa, seja para realizar alguma entrega ao fornecedor, ou seja para entregar os usuários de transporte público no destino final dentro do tempo planejado.

Um dos fatores que prejudica diretamente o transporte urbano no Brasil é a forma como os grandes centros urbanos se desenvolveram e como a infraestrutura rodoviária das grandes cidades foram instaladas. Os centros urbanos apresentaram um crescimento radial, de forma que, devido a especulação imobiliária, famílias com menores poderes aquisitivos iam se instalando às margens dos grandes centros e dependendo do transporte público para acessarem as oportunidades de emprego, estudo e lazer. Alinhado a isso, no Brasil há uma forte cultura que inclina a população para a compra do carro próprio. Diversas medidas foram tomadas para favorecer essa preferência diante o transporte público tais quais as reduções de IPI e a prioridade nos investimentos de mobilidade urbana como tunéis, vias expressas e outros. Com uma frota de carros individuais crescente, um planejamento ineficiente e uma constante disputa por espaço nas vias das cidades, a tendência é que as velocidades das viagens sejam cada vez menores e que os tempos de deslocamento cada vez maiores, gerando grandes perdas para a população, usuários, agentes de trânsito, empregadores e outros.

Baseado nos pontos que foram apresentados e sabendo que o Distrito Federal “é o último lugar no país em quantidade de pessoas que usam o transporte público e um dos primeiros em números de carros por habitante” (NTU, 2016), onde é observada a proporção de 55 carros para 100 pessoas, estudar a dinâmica do transporte urbano na capital federal se mostra muito importante. Hoje, o transporte público no Distrito Federal é realizado por cinco empresas que prestam seus serviços em cinco regiões diferentes da capital, conforme aprovado em licitação. Contudo, a região do Plano Piloto, que é área exclusiva da bacia 1, é um ponto onde todas as outras empresas entram e prestam seus serviços, competindo, assim, com a empresa Piracicabana. Desta forma, o objetivo deste projeto visa analisar e compreender a dinâmica do transporte público urbano no Distrito Federal, focando na região administrativa do Plano Piloto a fim de identificar oportunidades de melhoria, focando na geração de conforto e agilidade para o usuário.

Sabendo disso, este trabalho esta estruturado, em ordem de apresentação, com uma revisão bibliográfica, onde foi buscado identificar o que a literatura apresenta sobre transporte urbano, transporte público, integração de redes urbanas, otimização de redes e outros pontos que tangem este trabalho. Em seguida, no capítulo 2 é apresentado um panorâma geral do transporte urbano no Distrito Federal, onde se discorre sobre a ocupação do espaço geográfico da capital, das áreas de exploração do serviço em Brasília, das licitações e outros aspectos que visam preparar o leitor, fornecendo um *background* e informações sobre o sistema de Brasília que serão necessárias para compreender etapas futuras do projeto. No capítulo 3 é apresentado a metodologia que foi aplicada no projeto, indicando como os dados foram tratados e como a simulação foi executada. No capítulo 4 são apresentados os resultados encontrados a partir da simulação do sistema. Finalmente no capítulo 5 são apresentadas as conclusões

deste trabalho e como os resultados alcançados através desse projeto podem impactar a dinâmica do transporte urbano de Brasília.

2. JUSTIFICATIVA

2.1 TRANSPORTE URBANO NO DISTRITO FEDERAL

O transporte urbano nas grandes cidades é um assunto que merece atenção e cuidado, tanto na hora de estudo quanto no momento de dimensionar seu alcance e extensão. Brasília é uma cidade onde há um grande espaçamento entre o seu centro e os bairros que a circundam. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a capital federal ocupa uma área de 5.779,999 km² e uma população igual a 2.914.830 habitantes o que a torna uma cidade populosa, ocupando a quarta colocação nacional quanto cidade mais populosa e possuindo uma densidade demográfica igual a 444,66 hab/km². Contudo, quando se analisa a Região Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Distrito Federal e Entorno este cenário muda.

As Regiões Integradas de Desenvolvimento são regiões que envolvem municípios de mais de uma unidade federativa, construindo uma maior rede de cooperação visando a dinamização econômica e a redução das desigualdades sociais através da provisão de infraestruturas necessárias ao desenvolvimento em escala regional (MINISTÉRIO DA INTRAGRAÇÃO NACIONAL, 2015). O RIDE do Distrito Federal e Entorno é composto por 23 cidades unindo as unidades federativas do Distrito Federal, de Goiás e de Minas Gerais e incluindo municípios tais quais Valparaíso de Goiás, Cidade Ocidental, Novo Gama, Luziânia, Águas Lindas de Goiás, Formosa, Planaltina, Santo Antônio do Descoberto entre outros. Essa região contempla uma área de 56.433,6 km², com 4.201.737 habitantes e uma densidade demográfica igual a 74,45 hab/km², ou seja, características de uma cidade pouco povoada cuja uma das principais características é a ocupação irregular do seu espaço físico e crescimento desordenado.

Desta forma, o transporte urbano torna-se um importante serviço por permitir que a população viaje grandes distancias e chegue nas áreas centrais, onde existe uma concentração de oportunidades de emprego e estudos, tendo em vista que a geração de empregos, capacitação profissional, transporte e sistema viário são serviços públicos de interesse comum ao Distrito Federal, Estados do Goiás e Minas Gerais. A Figura 3 expõem a divisão da RIDE cujo Distrito Federal está presente.

Figura 3 - Distribuição geográfica da RIDE do Distrito Federal e Entorno



Fonte: Agência Senado (2012)

Desde a sua criação, Brasília observou uma grande expansão demográfica. A cidade que inicialmente fora planejada, e projetada, para abrigar 500 mil habitantes, contempla hoje um número muito maior de habitantes do que o planejado. Sintetizando Piero Locatelli (2013), diversos migrantes e moradores de Brasília foram “empurrados” para áreas periféricas, sendo a mais famosa dela a Ceilândia, que inicialmente recebia apenas a sigla CEI, que significava Centro de Erradicação de Invasões. Isso aconteceu no momento da construção de Brasília e alguns anos posteriores onde foi crescente a migração para a nova capital federal. Este processo de crescimento ao redor da área central de forma desordenada ocorreu ao longo dos anos em Brasília. Devido a crescente especulação imobiliária, esta foi a solução que as pessoas encontraram para viver em Brasília. Esta segregação, que foi inicialmente espacial, passou a ser uma segregação social uma vez que as melhores oportunidades de estudo, trabalho e lazer se encontravam no centro de Brasília. Para contornar, e evitar, essa segregação, a prestação de um bom serviço de transporte público é essencial.

O transporte público no Distrito Federal é regulado pelo DFTrans (Transporte Público do Distrito Federal). Esta autarquia possui como responsabilidade planejar, controlar e avaliar o transporte público que inclui, mas não se limita, em realizar o planejamento das linhas, avaliar o desempenho do serviço, caracterizar a demanda e oferta e elaborar estudos de custos tarifários, entre outras atribuições. Além disso, essa instituição visa “garantir à população um transporte eficiente e seguro, colocando em prática o direito de ir e vir do cidadão, com conforto e no menor tempo possível. O enfoque é o usuário e o objetivo é aumentar a oferta de transporte para que a população seja atendida satisfatoriamente” (DFTRANS, 2016).

O Transporte Urbano no Distrito Federal é dividido em três grupos que são chamados de “Serviço Básico”, “Linha Rural” e “Serviço Coletivo Privado”. Cada um deles possui suas especificidades e restrições nas quais envolvem a área de atuação, local de atuação, tipo de contrato e etc.

O DECRETO Nº 30.584, DE 16 DE JULHO DE 2009 afirma em seu Capítulo 1, Seção II, Artigo 7 e Parágrafo 1 que o “Serviço Básico compreende linhas dos modos ferroviário e rodoviário, que poderão operar mediante integração física, tarifária e operacional, e que visem proporcionar aos cidadãos o acesso universal, seguro e equânime ao espaço urbano”. Além disso, no mesmo decreto é explicado que o Serviço Básico é dividido de acordo com a sua função, podendo ser Troncais ou Alimentadoras/Distribuidoras. Linhas troncais operam em um corredor onde há grande concentração de demanda e sua principal função é distribuí-la. Enquanto as linhas alimentadoras recolhem os usuários de uma região e os deixam em um terminal de uma linha troncal sendo o contrário válido também.

De forma prática, o Serviço Básico compreende cinco bacias (lotes) que são atendidas por cinco empresas diferentes. As bacias representam divisões geográficas cujo as organizações podem explorar a prestação do transporte público. Essas empresas foram definidas a partir da concorrência em licitações, o que permitiu a prestação e exploração do serviço rodoviário. As organizações, que foram aprovadas segundo as regras estabelecidas no Edital Nº 001/2011 – ST, possuem o prazo de concessão de 10 anos, podendo este ser renovado por igual período uma só vez (Edital de Concorrência 1/2011 e DECRETO Nº 30.584, DE 16 DE JULHO DE 2009, Capítulo 1, Seção III, Artigo 1, Parágrafo 1). Suas bacias são divididas conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Divisão das Bacias do Serviço Básico

Bacia	Cidades	Empresa responsável	Tamanho da Frota
1	Brasília (Plano Piloto), Sobradinho, Planaltina, Cruzeiro, Sobradinho 2, Lago Norte, Sudoeste/Octogonal, Varjão e Fercal	Piracicabana	417 ônibus
2	Itapoã, Paranoá, Jardim Botânico, Lago Sul, Candangolândia, Park Way, Santa Maria, São Sebastião e Gama	Pioneira	640 ônibus
3	Núcleo Bandeirante, Samambaia, Recanto das Emas e Riacho Fundo 1 e 2	Urbi (HP ITA)	483 ônibus
4	Parte de Taguatinga e do Park Way, Ceilândia, Guará e Águas Claras	Marechal	464 ônibus
5	SIA, SCIA, Vicente Pires, Ceilândia (ao norte da Av. Hélio Prates), Taguatinga (ao norte da QNG 11 e Brazlândia)	São José	576 ônibus

Fonte: Site DFTrans/Transportes/Serviço Básico (2016)

Desta forma, as bacias são divididas por regiões e possuem a respectiva área de atuação:

- Bacia 1 – Piracicabana, região Norte.
- Bacia 2 – Pioneira, região Sudeste.
- Bacia 3 – Urbi (HP ITA), região Sudoeste.
- Bacia 4 – Marechal – região Centro-Oeste.
- Bacia 5 – São José – região Noroeste.

Além disso, existe o Sistema de Transporte Público Básico (STPB/DF) que atua de forma complementar ao serviço básico. O STPB é formado por microônibus que atendem doze Regiões Administrativas (RA) do Distrito Federal com uma frota total igual a 350 veículos. Estes microônibus visam a promoção da circulação da população dentro das suas regiões administrativas, ou seja, não realizando viagens que conectem uma RA a outra, representando linhas alimentadoras. As cidades atendidas e a distribuição das frotas é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensionamento da frota do STPB/DF

Região Administrativa	Quantidade de Microônibus
Brazlândia	12
Ceilândia	33
Recanto das Emas	22
Gama	18
Santa Maria	58
Samambaia	14
Guará	15
Paranoá e Itapoã	23
São Sebastião	35
Sobradinho	62
Planaltina	36
Outros	22
Total	350

Fonte: Site DFTrans/Transportes/Serviço Básico (2016)

2.2 EXPRESSO DF

Outro serviço de transporte público, incluso no STPB/DF, é o Bus Rapid Transit (BRT), conhecido como Expresso DF ou BRT Sul. Este serviço conecta as regiões administrativas de Santa Maria, Gama e Park Way à Brasília. De acordo com o Ministério do Planejamento (2016), este sistema possui uma linha com “43,8 quilômetros de extensão, dos quais 35 quilômetros de faixas exclusivas de ônibus, e 22 viadutos”, no qual foram investidos R\$ 785 milhões. A Figura 4 apresenta a divisão de espaço entre o BRT e outros veículos como automóveis privados e outras empresas de ônibus, na BR 040.

Figura 4 - Faixa exclusiva do Expresso DF



Fonte: Programa de Aceleração do Crescimento (2014)

Este sistema teve sua inauguração no dia 7 de Abril de 2014, porém, sua primeira viagem foi realizada no dia 2 de Abril como evento teste. Nesta data, o início da viagem aconteceu no terminal do Gama e percorreu 43 quilômetros até a Rodoviária do Plano Piloto, este trajeto foi realizado em 37 minutos. Contudo o tempo de viagem projetado é de 45 minutos, uma vez que a primeira viagem não realizou nenhuma parada nas 10 estações sucessoras, “economizando”, assim, o tempo de parada e embarque/desembarque dos passageiros. O Ministério do Planejamento (2014) aponta que o início da operação do BRT contou com 9 ônibus articulados, cada um com capacidade prevista de 130 passageiros, e cada ônibus saía do Terminal do Gama a cada 8 minutos e “seguirão por corredor exclusivo até o centro da Capital Federal”. Os moradores da cidade do Gama poderão acessar o seu terminal através de pequenos ônibus que coletam os passageiros nos pontos de espera, entregando-os no terminal, este serviço está incluso no Sistema Integrado de Mobilidade (SIM) existente em Brasília.

Além disso, o BRT é equipado com tecnologia que visa facilitar ao usuário o acesso a informação. Fauzi Nacfur (2014), diretor do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF), complementa que o BRT Sul contempla um sistema de tecnologia com geoposicionamento de forma que indicará ao passageiro que se encontra na estação do BRT saberá quanto tempo o ônibus levará para chegar e qual será o tempo total da sua viagem. Estas informações são repassadas ao usuário através do Centro de Controle Operacional (CCO), que monitoram os ônibus e transmitem as suas informações através de painéis eletrônicos (NTU, 2016).

Atualmente, este serviço é prestado por ônibus articulados, cuja a capacidade é de 160 passageiros, e em horário de pico utilizam-se os ônibus biarticulados, aumentando a capacidade para 200 passageiros, atendendo 270 mil pessoas por dia. Além disso, o tempo de viagem, que antes do BRT era de 90 minutos, é de 40 minutos em média. De acordo com a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

(NTU, 2016), as operações acontecem ao longo de 15 estações distribuídas ao longo das rodovias BR-450/EPIA, DF-065, DF-480, BR-040, DF-025 e DF-047. Além disso, o sistema é interligado com as estações do Metrô-DF localizadas no Terminal da Asa Sul (TAS) e do Parkshopping. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2016) complementa que “o Governo do Distrito Federal estuda a viabilidade de estender o Expresso DF para Luziânia, além da implantação do modelo em outras regiões como o Eixo Oeste, Eixo Sudoeste e o Eixo Norte, que atenderá Sobradinho, Planaltina e Varjão”.

Devido as suas instalações, o BRT se mostrou como uma referência ao sistema rodoviário de Brasília no que tange o assunto acessibilidade. Luís Alves, morador do Gama há mais de 30 anos e cadeirante, em entrevista à TV PAC (2014), afirmou que, com este novo serviço, “o Gama entra na modernidade da mobilidade urbana”. Além disso, pontuou que o transporte é totalmente acessível, com boas instalações para cadeirantes e com motoristas treinados, tornando esse novo modelo de transporte um marco para pessoas em vulnerabilidade física.

Outro ganho que o Expresso DF gerou é em relação a visão dos motoristas sobre este novo modelo. Os motoristas passaram por treinamentos técnico, onde tiveram contato sobre tratamento ao usuário, de forma que este serviço seja prestado com maior qualidade e com mais profissionalismo. Além disso, o BRT além de ser benéfico aos passageiros, gera melhorias aos motoristas através da via expressa onde o carro opera, como pontua Vigonaldo Lourenço de Lima (2014), motorista da empresa Pioneira, ao comentar que devido a faixa exclusiva, a rotina será menos estressante por não pegar congestionamento.

Quando este sistema estiver instalado em sua totalidade, contará com 15 estações intermediárias, sendo duas em Santa Maria, duas em Gama, oito no Park Way, duas em Candangolândia e uma no Plano Piloto. Além disso ele também irá dispor de mais quatro terminais: dois no Plano Piloto, um no Gama e um em Santa Maria, totalizando 19 estações (MARTINS, 2012). A disposição dos principais aspectos da infraestrutura do Expresso DF é apresentado na Figura 5.



Fonte: Pense Mobilidade (2012)

Adicionalmente ao serviço básico existem a Linha Rural e o Serviço Coletivo Privado. O serviço prestado pelo DFTrans visando o atendimento das áreas rurais é chamado de Linha Rural cujo, através de 97 linhas, atende as áreas rurais do Distrito Federal. O objetivo deste serviço é a conexão das áreas rurais às áreas urbanas próximas. Este serviço é prestado por permissionários, que são pessoas físicas proprietárias de veículos filiados a cooperativas. Enquanto o Serviço Coletivo Privado é a prestação de serviços através de vans e ônibus, convencionais e alongados, que operam em itinerários autorizados de acordo com o contrato de prestação de serviços. “Este modelo de atuação compreende 260 prestadores de serviços com um total de 515 veículos” (DFTRANS, SERVIÇO COLETIVO PRIVADO, 2016).

A dinâmica de funcionamento de um transporte público, seja ele rodoviário, metroviário, aéreo ou aquaviário, é de sempre possuir um ponto de partida e outro de chegada. No que tange a área de transportes, esta característica é dada pela infraestrutura que uma cidade, ou região possui. No Distrito Federal, o DFTrans possui catalogado em seu site, 31 terminais rodoviários, que são pontos de coleta e desembarque de passageiros. Contudo, apesar de estarem catalogados, alguns destes terminais não possuem infraestrutura, como é o caso do terminal da Asa Norte.

Visando aumentar a fluidez e dinâmica no atendimento à população, há no Distrito Federal as faixas exclusivas de ônibus. No total são 5 faixas exclusivas que totalizam 55 quilômetros de extensão. As mesmas estão presentes na Estrada Parque Núcleo Bandeirante (EPNB), Estrada Parque Taguatinga (EPTG), W3 Sul, W3 Norte e Setor Policial. O DFTrans informa que estas faixas juntas proporcionam um ganho total médio de 85 minutos por dia.

Além da divisão das linhas de ônibus em bacias, que visa organizar a prestação deste serviço na capital federal, há também uma sub-divisão destes quanto as suas tarifas. O cálculo tarifário envolve o levantamento, análise e cálculo de diversas variáveis. Os custos totais são compostos pelos custos operacionais, pelos custos de capital e pelos tributos, e apropriados em planilha de custos, que resume

custos como gasolina, manutenção, impostos e outros. Após a coleta e tratamento destas informações o valor da tarifa é dado através da divisão do custo operacional pela quantidade de passageiros, ambas grandezas expressas por quilômetro. Como o transporte público em Brasília compreende linhas troncais e alimentadoras, o DFTrans dividiu as linhas do modo rodoviário “Serviço Básico” em 2 grandes grupos sub-divididos em 3 itens cada: linhas Urbanas, variando de U1 a U3 e as linhas Metropolitanas, variando de M1 a M3. A Tabela 3 resume os valores das tarifas para cada linha e seu sub-grupo.

Tabela 3 - Valor tarifário de acordo com a classificação das linhas

Tipo da Linha	Valor da Tarifa
Urbana 1 – U1	R\$ 2,25
Urbana 2 – U2	R\$ 3,00
Urbana 3 – U3	R\$ 2,25
Metropolitana 1 – M1	R\$ 3,00
Metropolitana 2 – M2	R\$ 4,00
Metropolitana 3 – M3	R\$ 3,00
Metro/DF	R\$ 4,00

Fonte: Tabela elaborada a partir de informações retiradas do site do DFTrans – Tarifas (2016).

De forma complementar, o Distrito Federal possui o chamado Sistema Inteligente de Transporte (ITS), que a partir do DECRETO N.º 30.584, DE 16 DE JULHO DE 2009 institui a integração tarifária nas linhas do Serviço Básico. A integração tarifária será permitida ao usuário, que possua o cartão Vale-Transporte, Cidadão ou Bilhete Único, utilizar um ou mais meio de transporte através de até dois transbordos dentro de um intervalo máximo de 2 horas. A tarifa máxima debitada será equivalente a tarifa integral da linha Metropolitana 2, ou seja, o valor máximo cobrado será de R\$ 4,00.

A integração tarifária é permitida a todos usuários de ônibus do Distrito Federal com exceção dos usuários que possuem gratuidade na tarifa. Todo usuário que comparecer ao posto do DFTrans e realizar seu cadastro para usufruir da integração tarifária irá receber o Cartão Cidadão. Possuindo este cartão, o usuário passa a utilizar do Sistema de Bilhetagem Automática, como é apresentado no DECRETO N° 31.311, DE 09 DE FEVEREIRO DE 2010, Artigo 1 e Parágrafo I:

“O Sistema de Bilhetagem Automática do Distrito Federal – SBA/DF é constituído por equipamentos de validação de cartões inteligentes, sem contato, recarregáveis, com créditos de viagem, instalados nos veículos do STPC/DF e nas estações do METRÔ/DF, e por subsistemas de operação, de

coleta e transmissão de dados, de comercialização de cartões e créditos de viagem e de controle de receitas e créditos, visando:

I - integrar o serviço básico do STPC/DF através da utilização de cartão, sem contato, de crédito temporal, que permita o transbordo intra e intermodal, dos modais rodoviário e ferroviário, com ou sem complementação tarifária;”

O SBA ainda garante que os usuários recarreguem seus cartões através da internet com compra online e pagamento por boleto bancário. O usuário possuirá um login e senha para acessar o sistema onde poderá realizar suas recargas e controlar quantos créditos ainda possui no cartão. Além disso, alguns usuários têm direito a gratuidade na tarifa. Esta é um direito aos Estudantes, Portadores de Necessidades Especiais (PNE), Idosos e Rodoviários do Sistema de Transporte Público Coletivo (STPC). Estes usuários podem usufruir das gratuidades através dos cartões estudante, especial, sênior e funcional, respectivamente. Todos os usuários necessitam realizar um cadastro prévio para ganharem o cartão e usufruírem da gratuidade com exceção dos Idosos que possuem respaldo jurídico sendo a eles necessários apenas apresentar um documento de identificação com foto.

Complementarmente, devido ao fato de Brasília estar inserida em uma RIDE, existem pessoas interessadas no fluxo existente entre as regiões metropolitanas, ou regiões do entorno, até a capital nacional. Os usuários desta região utilizam o transporte semiurbano, que representa o transporte interestadual com percurso máximo de 75 quilômetros (LOURENÇO, 2016). Para atender esta população, existe em Brasília, um terminal rodoviário metropolitano, localizado no edifício Touring, em frente ao Conic e ao lado da rodoviária de Brasília (Rodoviária do Plano Piloto), com capacidade de atender 300 mil usuários por dia (DFTRANS, 2014) e (SOARES, 2014). Este terminal metropolitano surge com o intuito de auxiliar as operações do transporte urbano na capital, uma vez que a rodoviária do Plano Piloto não suportava mais a demanda de ônibus exigida. A ANTT (2014) estima que 90 milhões de pessoas utilizam do sistema semiurbano anualmente para acessar o Distrito Federal, apesar da importância que este serviço possui, devido sua geração de oportunidade e acesso, não existe nenhum tipo de integração com o STPC/DF e utiliza o mesmo sistema viário, gerando superposição de linhas e atendimentos. Azevedo (2016) apresenta que existem mais de 40 trechos que conectam o Distrito Federal ao Entorno, contemplando, entre outras cidades, Águas Lindas, Novo Gama, Valparaíso e Luziânia. A prestação do serviço de transporte semiurbano é realizado atualmente por onze empresas. Algumas das organizações que prestam este tipo de serviço, conectando as cidades do entorno à qualquer região administrativa do Distrito Federal são Taguatur, Mais X, Vian, G 20, UTB, informações essas que foram extraídas a partir de algumas publicações realizadas no site Pense Mobilidade pelo autor Rafael Martins (2016) e pelo site da empresa UTB (2016).

Desta forma, é possível observar sobre a estrutura existente atualmente no Distrito Federal nos aspectos que tangem o transporte público urbano. A infraestrutura de Brasília contempla terminais rodoviários, tarifa integrada, faixas exclusivas de ônibus entre outras características. Apesar de apresentar diversos pontos positivos, é possível observar oportunidades de melhorias. Neste caso, este

projeto irá estudar os aspectos que tangem o transporte público em Brasília e propor mudanças, que passarão por respaldo técnico, a fim de prover um melhor serviço na capital. Este estudo e sugestões de melhoria estão previstos na legislação do Distrito Federal através do DECRETO Nº 30.584, DE 16 DE JULHO DE 2009 que apresenta no capítulo IV, Artigo 102 o parágrafo 3 no qual é dito que “A Entidade Gestora, conjuntamente com entidades estaduais e federais, desenvolverá estudos, projetos e ações que visem a melhoria da qualidade dos serviços prestados.” Além disso, no mesmo decreto, é dito no Artigo 8 e parágrafo 5 que “para melhor atender e adequar-se às mudanças observadas na demanda, as linhas poderão ser submetidas a processo de desmembramento, prolongamento ou fusão”, que representa o campo de estudo deste projeto.

3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

3.1 Objetivo Geral

O modelo de divisão das frotas do Distrito Federal em bacias é uma técnica para organizar a prestação de serviços. A definição formal deste limite permite ao DFTrans e às empresas prestadoras de serviço definirem suas rotas de atuação, horários de atendimentos, tamanho da frota, frequência do atendimento entre outros aspectos. Com a limitação do serviço prestado por regiões geográficas, o DFTrans define que cada área da capital federal seja atendida pela sua respectiva empresa. Neste caso, a partir do momento em que a região central de Brasília, o Plano Piloto, é de responsabilidade da empresa Piracicabana, e as outras quatro empresas prestadoras de serviço entram nesta região, a divisão das áreas não são obedecidas pelas empresas, afetando negativamente todas empresas prestadoras de serviço, seus operadores e os usuários de ônibus.

Para exemplificar, apresenta-se na Figura 6 o trajeto realizado pela linha 0.391, que percorre um total de 50 Km, operada pela empresa Urbi, que é responsável pelas regiões administrativas da bacia 3 que incluem Núcleo Bandeirante, Samambaia, Recanto das Emas e Riacho Fundo 1 e 2. A análise da figura permite observar que o ônibus entra em Brasília (área 1) e percorre toda extensão da W3 Sul e Norte. Caso o terminal rodoviário da Asa Sul fosse utilizado formalmente como um ponto de integração, este ônibus poderia deixar os passageiros nele e retornar a viagem para Samambaia Norte evitando uma viagem desnecessária pelo Plano Piloto uma vez que esta região é de responsabilidade outra organização, podendo ser feito com carros de menor porte. Conforme apresentado através do site do DFTrans, e suas licitações, uma das áreas de exploração da empresa Piracicabana é a região de Brasília, para este estudo, considera-se Brasília toda a extensão do Plano Piloto. Apesar da capital federal se estender ao longo de outras regiões administrativas, percebe-se que a divisão proposta pelo DFTrans na Tabela 1 é que a região do Plano Piloto é representada pelo nome Brasília.

Figura 6 - Trajeto realizado pela linha 0.391



Fonte: Site DFTrans – Horários e Itinerários (2016)

Desta forma, a proposta deste trabalho é analisar os impactos gerados a partir da redução obrigatória desse trecho de viagem dos ônibus das Bacias 2, 3, 4 e 5, uma vez que este trecho estudado não é de responsabilidade destas empresas citadas. Desta forma, serão utilizados o Terminal da Asa Sul e a Rodoviária do Plano Piloto como análise para compreender como a alteração dessas rotas e a utilização dos terminais como pontos de transbordo obrigatório impactarão no trânsito, volume de serviço e economia de tempo. Caso o projeto obtenha sucesso, pode ser estudado como modelo para ampliação, através da construção de novos terminais em áreas estratégicas.

2.3 Objetivos específicos

Existe uma insatisfação dos brasileiros diante do transporte público fornecido no Brasil. Este fato auxiliou que o número de carros particulares crescesse nos últimos anos, devido ao aumento do poder de compra dos brasileiros e algumas reduções fiscais, como houve com o IPI, e, conseqüentemente, a redução da utilização do transporte público. Esta mudança é notória, tanto em horário de pico quanto em outros horários é possível observar a grande quantidade de carros particulares. Com o aumento do número de carros, há o aumento do trânsito devido a “disputa” por espaço nas vias da cidade.

Adicionalmente, além da concorrência de espaço entre carros e ônibus, há a divisão de espaço entre os ônibus. Apesar do serviço de transporte ser dividido, existem áreas de sobreposição de rotas, ou seja, ônibus de diferentes bacias atendendo o mesmo trecho urbano. Isso acontece devido o destino final das linhas exigir que os ônibus explorem, mesmo que por um curto trecho, uma área não estabelecida na sua bacia.

Existe hoje um modelo de integração tarifária no Distrito Federal. Esta integração é restrita ao Serviço Básico (SB) que contempla as áreas cobertas pelas cinco bacias. A integração acontece quando

o usuário utiliza do serviço básico para até dois transbordos sendo que a utilização entre os transbordos não deve exceder duas horas. Os usuários que tem direito a tarifa integrada são os que possuem os cartões Vale-Transporte, Cidadão e Bilhete Único e pagarão o valor máximo de R\$ 4,00. Desta forma, só há integração tarifária para aqueles que portem algum destes três cartões, que exigem um cadastro prévio, ou seja, qualquer pessoa que não possua e faça o pagamento em dinheiro da tarifa não terá direito a tarifa integrada.

Complementarmente, o Distrito Federal possui 31 terminais rodoviários que são utilizados apenas como pontos de subida e descida de passageiros. Esta estrutura poderia ser utilizada visando a melhoria do transporte público na capital através de uma melhor definição de rotas, melhor roteirização e uma integração tarifária mais abrangente.

Observando as informações apresentadas acima percebe-se que o uso da estrutura de transporte da capital federal não é eficiente. Primeiro, ao analisar o potencial que os terminais possuem, no sentido de integração tarifária, não está sendo utilizado. A segunda análise é quanto ao desperdício gerado pela sobreposição de trajetos. O tempo e distância que são investidos no momento desta sobreposição poderiam ser realocados para os seus trajetos principais, gerando uma maior extensão do serviço para os moradores da área em questão.

Assim, como objetivos específicos, objetiva-se garantir um melhor uso das frotas de transporte público do Distrito Federal, aumentar o interesse da população para o uso transporte público e uma redução dos congestionamentos na capital federal, tanto em suas regiões centrais quanto em suas outras regiões administrativas. Complementarmente, são ganhos latentes oriundos do alcance do objetivo geral e específicos a redução dos custos fixos e variáveis relacionados aos ônibus como os custos de manutenção, por quilômetro percorrido, a redução do valor das passagens a partir do aumento do número de passageiros transportados e a geração de emprego através do melhor uso dos terminais rodoviários, permitindo que centros comerciais se estabeleçam com menos riscos financeiros nestes locais.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A evolução dos meios de transporte acelerou o ritmo de vida das pessoas. Antes, viagens que requeriam grande esforço humano, seja pela caminhada ao longo do trajeto ou pela mercadoria que era carregada, foram substituídas pela força animal através das carroças, economizando assim tempo e pessoas. A Revolução industrial é apontada como um marco na história devido suas melhorias nos aspectos diários. O ritmo de vida se acelerou muito neste período. A produção de bens, que era feita a mão, requeria grandes períodos de produção e não possuía padrão de qualidade, passou a ser desenvolvida por máquinas que permitiam um ritmo de produção superior ao do trabalho manual. Esta época promoveu melhorias desde novos maquinários de produção até novas fontes de energia e transporte. Esses avanços aceleraram a troca de mercadorias, informações e permite um maior fluxo de pessoas entre diferentes regiões.

Atualmente, sabe-se que cada parcela do mercado é fortemente disputada. Garantir um bom produto/serviço não é mais a única preocupação das organizações; agora é necessário fornecer uma boa qualidade, confiabilidade, conformidade e agilidade. Na maioria das esferas do mercado os consumidores estão demandando isso das organizações e “tem sido mais crítico do que nunca que as organizações mantenham um forte relacionamento com seus consumidores” (KLIMONTOWICZ, 2014). A facilidade no acesso às informações torna o relacionamento entre empresa-consumidor instável. Os consumidores exigem que o produto seja entregue praticamente no mesmo tempo que pedido e este é um dos desafios logísticos. Chaberek (2014) argumenta que o principal objetivo da logística é “garantir os recursos certos, nas quantidades certas, na localização certa, com a qualidade certa, no tempo certo a um custo certo”, o que é chamado de “Regra dos 6 Cs”.

Estes conceitos e abordagens podem se estender ao nível de serviço, contudo, a definição de serviço trás consigo uma abstração quanto ao seu entendimento. James Fitzsimmons (2005) define serviço como “uma experiência perecível, intangível, desenvolvida para um consumidor que desempenha o papel de coprodutor”. Desta forma, é possível dizer, de maneira análoga, que um consumidor espera que o serviço prestado seja realizado com os recursos certos, na quantidade certa, na localização certa, com a qualidade certa, no tempo certo a um custo certo. O transporte urbano é um serviço prestado diariamente cujo passageiros são servidos por terceiros, podendo ser representados por empresas públicas ou privadas. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (2012) define o transporte público como o “conjunto dos modos e serviços de transporte público e privado utilizados para o deslocamento de pessoas e cargas nas cidades integrantes da Política Nacional de Mobilidade Urbana”.

Quando o campo de estudo aborda o transporte público urbano, as definições propostas por Chaberek e Fitzsimmons se encaixam bem. O transporte urbano possui como objetivo o transporte de passageiros de um ponto da cidade a outro, ou seja, a experiência que o transportado (consumidor) terá será perecível e intangível e as suas experiências anteriores com este serviço poderão ser distintas das próximas devido diversas variáveis (contato com o condutor, contato com o cobrador, pessoas que estão

presente no meio de transporte e etc.). O transportado também espera que os ônibus (recursos) estejam certos, nas quantidades (oferta de ônibus x demanda de passageiros) certas, no ponto de ônibus (localização) certo, com a qualidade (condições dos ônibus, conforto dos assentos, segurança, acessibilidade e etc.) certa, no tempo certo e a uma tarifa (custo) certa.

Meirim (2004) sugere que o transporte urbano seja visto como uma extensão logística e que seu estudo seja promovido a fim de garantir melhorias no dia a dia da população além de ser um potencial atrativo turístico. O mesmo afirmou que “o estudo dos processos logísticos voltados para o fluxo das pessoas, considerando os meios de transporte, integração perfeita entre os diversos meios, informações precisas, confiáveis e disponíveis facilmente são um diferencial competitivo.” Além disso, o mesmo autor acredita que um contínuo e aprofundado estudo sobre estes processos logísticos irão “oferecer uma melhor qualidade de serviço aos clientes, gerando assim melhores resultados não só através do aumento da receita com o turismo, por exemplo, mas com a redução de custos e otimização do tempo para os usuários destes sistemas logísticos”. A melhoria do transporte urbano esta conectada diretamente com uma melhoria econômica e na qualidade de vida. Uma melhor prestação de serviço de transporte público aumenta o fluxo de pessoas dentro das cidades, reduz custos, reduz os tempos das viagens e influencia no bem estar social podendo, inclusive, afetar positivamente o humor e a produtividade da população.

De forma complementar à Meirim, Coelho (2016) elenca algumas perguntas relacionadas às operações desenvolvidas no transporte público que possuem influência direta no “desempenho da logística urbana”. De acordo com o autor, a partir do momento que o transporte público apresente “qualidade suficiente”, haverá um incentivo “às pessoas a não usarem seus carros e a compartilhar os ônibus, metrô e trens”. As perguntas indagadas são levantadas para gerar uma reflexão no leitor, mostrando como um pensamento estratégico e técnico voltado ao transporte urbano pode influenciar a dinâmica de uma cidade, tanto no trânsito quanto ao acesso à áreas remotas. Além destas perguntas, outras questões também podem ser levantadas. Desta forma, alguns dos questionamentos levantados são:

- Quais rotas de ônibus serão disponibilizadas?
- Onde serão colocados as paradas de ônibus?
- Qual a frequência de oferta de ônibus?
- Qual o trajeto deve ter uma linha de metrô?

Observando as questões acima, percebe-se que existem opções onde o custo de implementação são menores do que outros. Analisando o último questionamento, percebe-se que o trajeto de uma linha de metrô é um investimento mais caro do que a definição da frequência de ônibus, análise àquela que deve ser melhor estudada e pensada do que a primeira. Contudo, Coelho (2016) afirma, em outro texto, que estas alternativas e pensamentos são uma das tendências da logística urbana, onde se buscam formas para “descongestionar o tráfego de veículos no centro das cidades”, sendo a “maneira mais tradicional de se alcançar este objetivo é oferecer meios de transportes públicos eficientes, seguros e confiáveis.”

O transporte público é uma prestação de serviço que envolve três atores: usuários, operadores e poder público. Existem usuários que são chamados de "usuários cativos", ou seja, aqueles que não possuem outra opção a não ser utilizar o transporte público para se deslocar para suas atividades diárias. No geral, os usuários do transporte público, e principalmente os usuários cativos, exigem que o transporte público seja eficiente, confortável, pontual, seguro, confiável e barato. Em contrapartida, os operadores, que lidam diariamente com os custos de transportes, buscam ao máximo reduzir estes custos para viabilizar as viagens e atingir o ponto de equilíbrio do investimento. Nesta disputa de interesses, o poder público entra para arbitrar este conflito e avaliar as alternativas possíveis visando agradar ambas partes.

Os operadores são geralmente representados por empresas privadas devido a “maior eficiência em relação às empresas públicas, sendo, portanto, mais indicadas para realizar a operação do transporte público” (FERRAZ E TORRES, 2004). Contudo, Ferraz e Torres (2004) afirmam que “o planejamento e a gestão do transporte público urbano devem ser realizados pelo governo municipal, pois o transporte coletivo tem grande influência na qualidade de vida, na justiça social, na ocupação e uso do solo, nas atividades comerciais e na eficiência econômica das cidades, devendo, portanto, ser tratado em conjunto com o planejamento geral dos núcleos urbanos.”

4.1 QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO

É possível observar na Constituição Federal (1988) a seguinte definição: “Todo cidadão tem direito de se locomover livremente nas ruas, nas praças, nos lugares públicos, sem temor de serem privados de locomoção”. Segundo Bicalho (1998), o transporte tem importância social decisiva porque permite que as pessoas acessem locais de trabalho, equipamentos sociais e de lazer, e oportunidades de consumo, onde há maior dependência da população aos meios de transporte coletivo. Compreendendo este fator e sabendo das responsabilidades que cada município tem perante seus cidadãos quanto a garantia de acesso ao transporte público, um descompasso na prestação deste serviço estaria indo contra a constituição. Este fato permite um vasto campo de estudo, uma vez que os problemas de trânsito, qualidade no transporte público, superlotação dos ônibus entre outras dificuldades não são novidades para a população brasileira. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), entre os anos de 2011 e 2012, a insatisfação dos usuários do transporte urbano apresentaram um quadro negativo na qual mais de 60% classificaram o transporte como “péssimo ou ruim” (PENA, 2016).

Os usuários do transporte público são exigentes e rígidos no que tange a qualidade do serviço prestado. A partir do momento que o serviço de transporte público será utilizado, o mesmo cria expectativas quanto a prestação deste serviço. Garrone Reck (2016) afirma que os principais “atributos relacionados ao transporte público e ponderados pelo usuário são: confiabilidade, tempo de deslocamento, acessibilidade, conforto, conveniência, segurança e custos (tarifas)”. Abaixo, cada um destes requisitos será explicado de forma objetiva.

- **Confiabilidade:** relaciona-se com a exatidão no cumprimento da programação estabelecida, ou seja, tudo que tangem, entre outros aspectos, o cumprimento dos itinerários, pontualidade com as tabelas de horários de saída/chegada e regularidade dos intervalos entre ônibus.

- **Tempos de deslocamento:** compreende o tempo de viagem entre o local de origem e destino que é influenciado pela quantidade de tráfego, qualidade das vias, pelos espaçamentos das paradas entre outros. É uma tendência que os usuários busquem reduzir o seu tempo de deslocamento.

- **Acessibilidade:** é a maior, ou menor, facilidade de ingressar no transporte público que pode ser analisada através da proximidade física de terminais, pontos de embarque/desembarque, chamada de acessibilidade locacional e através da frequência na prestação de serviço, que é a acessibilidade temporal.

- **Conforto:** este é um requisito de difícil mensuração por abordar diversos aspectos qualitativos e pode variar de acordo com o usuário. Fatores que podem ser citados quanto ao conforto são o fato do usuário estar sentado ou não, temperatura interna no ônibus, aceleração do carro, ruídos, altura dos degraus, largura da porta, espaço no corredor e outros.

- **Conveniência:** podem estar relacionados a aspectos relativos à operação do sistema ou à aspectos físicos. O primeiro trata da necessidade de transferência de meios, períodos de operação, nível de oferta de serviço em horários de pico, sistemas de cobrança de tarifas entre outros. Enquanto os aspectos físicos abordam as condições dos pontos de embarque/desembarque e transferência, informações sobre os serviços e etc.

- **Segurança:** relacionam-se tanto com a segurança do meio de transporte e a sua qualidade física de forma que o ônibus não irá quebrar durante uma viagem ou não acarretará em um acidente por falta de manutenção e aspectos de proteção contra crimes tais quais assaltos, agressões, tanto nos ônibus quanto em suas instalações.

- **Preço da tarifa:** é o resultado de uma análise complexa e o cálculo de diversas variáveis que incluem custos por quilômetro rodado, demanda, custos de mão de obra, manutenção e outros. Contudo, o usuário ao fazer uso do serviço se questiona se “o serviço cobrado vale o preço cobrado”.

Ferraz e Torres (2004) discutem que para existir qualidade e eficiência no transporte público, é preciso que o mesmo atenda cinco requisitos que são “conscientização”, “planejamento”, “gestão”, “legislação” e “educação/capacitação”. Destes cinco fatores, serão ressaltados dois, a “conscientização” e a “legislação”. A primeira trata da conscientização dos atores quanto aos impactos que a melhoria na eficiência e qualidade do transporte público podem gerar aos mesmos. Para os usuários a melhoria é em relação a sua qualidade de vida; ao governo e comunidade são as melhorias em aspectos sociais e econômicos e, para os empresários e trabalhadores do setor, precisam se conscientizar que um transporte público com maior qualidade e eficiência o torna mais atrativo e mais competitivo diante outras frentes como o carro, lotação e outros meios de transportes privados. Enquanto a legislação vem para proporcionar um respaldo legal aos empresários e investidores, permitindo que estes atores se sintam confiantes em investir neste setor do mercado e prestar um bom serviço.

Os conceitos introduzidos por Ferraz e Torres (2004) no parágrafo anterior trazem uma reflexão importante, principalmente quando se trata da “conscientização” e “educação/capacitação”. Pode-se dizer que a conscientização dos empresários e trabalhadores do setor em prover um serviço de transporte público melhor e mais eficiente poderá atrair a atenção da comunidade e usuários que passarão a utilizar mais o serviço público, preterindo o transporte privado. Pode-se gerar assim um “círculo vicioso” onde um serviço público mais eficiente atrai novos usuários e diminui a quantidade de transportes privados em movimento, gerando melhorias econômicas, sociais e ambientais. Adicionalmente, a atriz Lucélia Santos (2014), usuária do sistema de transporte público do Rio de Janeiro, posicionou-se, em artigo em “O Globo”, quanto ao aspecto da educação e capacitação, expondo a importância da valorização da profissão dos motoristas. Segundo a atriz, muitos motoristas dirigem “como alucinados” devido o “acúmulo de estresse”. Desta forma, prover treinamento, atendimento psicológico, treinamento social psicológico, revisão dos salários e da carga horária geraria uma prestação de serviço melhor com “cordialidade e respeito”.

Contudo, existe uma conceituação discriminada no pensamento do brasileiro que transporte público é para uso dos “pobres”, como apresentado por Antunes (2014), Santos (2014), Bazini (2016) e Constantino (2016). Em contrapartida, existem outros grupos que defendem a melhoria deste serviço, apontando sua importância e relevância no cotidiano urbano. Estes grupos utilizam do *slogan* que “país desenvolvido não é quando o pobre anda de carro, mas sim quando o rico anda de transporte público”. Esta frase é considerada popular quando se trata de transporte urbano e já foi utilizada por algumas figuras públicas como o ministro do Tribunal de Contas da União Augusto Nardes (2015) e pelo ex-prefeito de Bogotá, na Colômbia, Enrique Peñalosa Londoño (2013) “que em sua gestão atuou na implantação de um sistema de ônibus na capital Colombiana chamado Transmilênio cuja rede de corredores de ônibus foi responsável por melhorar os transportes no local e reorganizar o espaço urbano” (BAZINI, 2016).

Melhorias tangíveis no transporte público, de forma que a população consigam perceber-las e senti-las, permitem a opção em utilizar o transporte público ao invés do privado. A 9ª Pesquisa sobre Mobilidade Urbana, realizada pela Rede Nossa São Paulo em 2015, aponta uma redução no uso do transporte privado, aumentando, conseqüentemente, o uso do transporte público devido a diminuição no tempo das viagens realizadas pelos ônibus. A pesquisa aponta que “entre quem possui automóvel, o uso em todos ou quase todos os dias diminuiu de 56% em 2014 para 45%”. Desta forma, a população de São Paulo observou um aspecto positivo na redução do tempo de viagens de ônibus, optando-o em relação o privado. Contudo, esta melhoria deve ser acompanhada do aumento da demanda. O aumento da utilização dos transporte público por parte dos paulistanos gerou um aumento na lotação dos ônibus, de forma que 59% apontaram que os ônibus estão mais lotados. Leandro Beguoci (2015) aponta que a melhoria dos ônibus, tanto em conforto quanto em agilidade, atraíram novos usuários, porém, “coletivos ainda são insuficientes diante do tamanho da cidade”. Assim, a melhoria de um modo de

transporte isolado não garante a melhoria do sistema de mobilidade urbana, sendo necessário o investimento e melhoria em outros meios de transporte.

É um desafio, das prefeituras e governantes das grandes cidades, incentivar e fazer com que mais pessoas utilizem o transporte público, sendo um indicador de sucesso ao sistema de transporte coletivo a diminuição de carros em transporte e o aumento no número de usuários do transporte público, conforme apresentado por Beguoci (2015), Pires (2012) e Santos (2014). A mudança de hábito, preferir o transporte privado diante do público, promove benefícios que vão além da diminuição dos congestionamentos, incluindo, por exemplo, a redução da emissão de poluentes, menos poluição sonora e redução no número de acidentes (BEGUOCI, 2015), Pires (2012) e Antunes (2014). A pesquisa promovida pela Rede Nossa São Paulo apresentou que 83% dos paulistanos que utilizam automóvel próprio todos os dias, ou quase todos os dias, responderam que, caso houvesse uma boa alternativa de transporte, “com certeza deixariam” e/ou “provavelmente deixariam” de utilizar o transporte privado em troca do público. Complementarmente, Leandro Beguoci (2015) afirma que “pessoas que nunca pensaram em usar transporte público, aos poucos, começam a cogitar essa possibilidade”. Contudo, algumas adversidades permeiam o transporte público, deixando-o com uma “má imagem” diante da população como a superlotação, grandes filas, má conservação, horários irregulares, riscos de assaltos, acidentes, assédios, entre outros. Desta forma, é necessário aumentar a confiabilidade, e outros atributos do sistema, para que a qualidade do transporte converta novos usuários.

2.4 DEMANDAS SOCIAIS

A qualidade do transporte público depende de diversos atributos mas não se excluem a eles. Fatores históricos como urbanização irregulares e sem planejamento influenciam na prestação deste serviço. Por certo, é possível analisar sob esta ótica a prestação deste serviço no Brasil. A qualidade do transporte público prestado hoje no Brasil está relacionado com a forma que a industrialização e urbanização ocorreram no país. Assim como em muitos países em desenvolvimento, no Brasil houve uma intensa migração da população do campo para as grandes cidades, gerando um “inchaço” populacional. Essa migração não era esperada, de forma que as cidades não possuíam estrutura para abarcar todos os migrantes, “empurrando-os” para regiões periféricas, ao redor dos grandes centros ocupados. O crescimento das regiões periféricas aconteceu com pouca ordem, planejamento e oportunidades. A última é representada por oportunidades de empregos e estudos, o que exigia que a população se deslocasse aos centros urbanos. Desta forma, é observado que a falta de planejamento e organização no crescimento das grandes cidades geraram problemas que são vivenciados até hoje, principalmente no transporte. Este deslocamento para as áreas periféricas reforça o pensamento de que transporte público é para os pobres uma vez que estes passaram a morar em áreas menos valorizadas, com menos oportunidades e necessitavam deste serviço para acessar suas atividades urbanas (residência, trabalho, estudo, lazer etc.).

Este fenômeno, observado nos países em desenvolvimento, atingiu também Brasília. A Capital Federal teve seu planejamento desenvolvido para abrigar aproximadamente 500 mil habitantes no ano 2000. “Diante da expansão populacional, Brasília já apresenta as conseqüências do crescimento desordenado: trânsito congestionado, transporte público ineficiente e problemas ambientais” (SENADO FEDERAL, 2010). Lúcio Costa definiu um planejamento de ocupação para a região central de Brasília, que foi seguida de fato, contudo, as outras regiões da capital federal não seguiram o seu planejamento, ou sequer tiveram sua urbanização planejada o que gerou diversos problemas incluindo seu crescimento desordenado e sua ocupação irregular (SENADO FEDERAL, 2010). Este crescimento populacional além da capacidade de Brasília atrelado com a restrição das oportunidades de emprego e estudo fazem com que, diariamente, a população tenha que usar carros e transportes urbanos para se deslocar ao centro da cidade. De acordo com o especialista em transporte Joaquim Aragão, o brasileiro prefere o uso de carro devido as condições precárias do serviço de transporte público prestado, não bastando o investimento em infraestrutura mas também na melhoria da qualidade e confiabilidade do serviço prestado.

Cardoso (2008) em seu estudo sobre transporte público analisando a partir da ótica de carências sociais, utiliza um termo inicialmente proposto por Taschner e Bogus que é o “fosso” espacial. Este “fosso” representa a diferença entre o local das oportunidades e atividades sociais e o local de moradia, geralmente representado por áreas periféricas. É comum, no âmbito nacional, que longas distâncias sejam percorridas para sair do local de moradia para os locais de trabalho e/ou estudo. Desta forma, a pouca mobilidade devido a dificuldade de acessar este serviço agrava o quadro de desigualdade social criando “ilhas sociais” nas cidades. Rosa (2006) apresenta que a criação de uma política de transporte público voltada a promoção da mobilidade aos locais de interesse é uma ação capaz de reduzir as barreiras geradas pela desigualdade social. O mesmo autor ainda completa dizendo que “o acesso às oportunidades gerará deslocamentos e o transporte planejado e bem executado garantirá a mobilidade urbana sustentável”. Gomide (2003) explica que a inexistência, ou precariedade, do sistema de transporte urbano geram impactos sobre a pobreza, que podem se caracterizar tanto de forma indireta quanto direta. A primeira refere-se “às externalidades do transporte urbano sobre a competitividade das cidades e seus efeitos sobre a atividade econômica”, uma vez que os congestionamentos aumentam substancialmente os custos de transporte influenciando, assim, localização de empresas, aumentando os custos de produção e afetando oportunidades de emprego e renda. Enquanto os impactos diretos relacionam-se com os acessos a serviços básicos, atividades sociais e oportunidades de emprego. Finalmente, Ferraz e Torres (2004) discutem que “as atividades econômicas da maioria das cidades dependem do transporte público, pois esse é o modo utilizado por grande parte dos clientes e trabalhadores do comércio, do setor de serviços e da indústria” e desta forma é “imprescindível para a vitalidade econômica, a justiça social, a qualidade de vida e a eficiência das cidades modernas”.

Observando a literatura, é possível identificar algumas soluções que foram utilizadas a fim de reduzir e mitigar as “fossas” espaciais, citada por Carlos Eduardo de Paiva Cardoso. Estas soluções visam

umentar o acesso, extensão da prestação do serviço de transporte público e, conseqüentemente, atrair novos usuários, provendo-os um melhor serviço. Dentre elas é possível citar as formas de integração, bilhetagem automática, utilização de instalações físicas, como terminais rodoviários, corredores de ônibus, utilização de mais de um modal, os tipos de roteirização utilizados, incluindo o planejamento, e replanejamento, de trajetos, frequências e outros. As soluções apresentadas não são excludentes, desta forma, é possível que a junção delas gerem benefícios aos usuários, e população em geral, através da maior opção na escolha do meio de transporte a ser utilizado, extensão do serviço, atendimento da demanda e complementariedade e interseção dos modos/serviços.

2.5 INTEGRAÇÃO

A integração acontece quando existe a incorporação de um elemento em um conjunto tornando-o inteiro, ou seja, no âmbito do transporte urbano é quando um usuário (elemento) usufrui de diversas oportunidades que o transporte público (conjunto) oferece, tornado, assim, inteiro o conjunto. Estas integrações podem ser desenvolvidas de forma física, operacional e tarifária. Ferraz e Torres (2004) apresentam que “quando o transbordo de passageiros é realizado em local apropriado, exigindo pequenas distâncias de caminhada por parte dos usuários, diz-se que há integração física ou simplesmente integração dos modos de transporte”, podendo essa integração ser intermodal, quando há mudança do meio de transporte utilizado, ou intramodal, quando mantém-se o meio de transporte. Vasconcelos (2016) indica que a integração trás como benefícios o aumento da acessibilidade às diferentes áreas da cidade, redução dos custos e tempo de viagem, racionalização dos serviços de transporte e garante uma maior flexibilidade ao passageiro. Em contrapartida, seu aspecto negativo reside na redução da receita, de forma que, caso não haja aumento na quantidade de passageiros pagantes, a receita diminuirá e implicará em reajustes tarifários e necessidades de subsídios.

Hidalgo (2009) reitera a integração em três níveis para operações de trânsito e apresenta suas definições. A integração operacional envolve a coordenação de rotas, itinerários e frequências. A integração física requer a criação de instalações para agilizar as transferências, incluindo terminais com áreas pagas. A integração tarifária envolve o uso dos mesmos meios para validar o pagamento (por exemplo, papéis ou *farecards* eletrônicos), e a promoção de descontos ou transferências gratuitas entre os serviços. Conforme uma cidade vai avançando nos níveis de integração, tornando-a plena e funcionando de forma uniforme e sincronizada, é possível que a mesma reduza as desigualdades sociais e aumente a acessibilidade da população, gerando benefícios a todos usuários do sistema. Complementarmente, Silva, Nassi e Filho (2013) expõem que “estas formas de integração no sistema de transportes contribuem para o aumento no número de viagens e, conseqüentemente, desenvolvimentos social e econômico dos indivíduos”, sendo comum em “países desenvolvidos e em algumas cidades brasileiras”.

2.5.1 INTEGRAÇÃO FÍSICA

A utilização de instalações físicas para integrar os meios de transporte foi a primeira estratégia de integração utilizada no transporte urbano. Maurício Cadaval (2010) explica que “a forma convencional de integração, ainda hoje predominante, é a da realização de transferências de uma linha para outra em terminais fechados”, sejam estas transferências gratuitas ou com desconto tarifário. A integração através de terminais fechados permite a racionalização da operação das linhas, através da diminuição de linhas sobrepostas, e redução de custos uma vez que o terminal físico atua como “vértice”, conectando linhas-tronco com linhas alimentadoras. Estes terminais podem atender o usuário com uma série de infraestruturas que vão desde informações sobre linhas e percursos até outras facilidades como sanitários, bebedouros de água, lanchonetes, telefone público, prestação de serviços etc. Os terminais fechados garantem que o usuário pague apenas uma tarifa para se conectar com dois, ou mais pontos da cidade. A sua entrada no terminal pode ser feita através do transporte urbano, uma vez que o mesmo possua o terminal como destino final ou ponto de parada, ou através do pagamento da tarifa na entrada, geralmente controlada por catracas. Hidalgo (2009) discute que estas estações de transferências, ou pontos de transbordo, são modeladas para garantir que a conexão dos pedestres a novas áreas da cidade seja feita da maneira mais objetiva possível, evitando, assim, qualquer inconveniência. Ferraz e Torres (2004) destacam os elevados custos que a integração física possui, incluindo os custos de implantação e manutenção, como custos de administração e operação.

2.5.2 INTEGRAÇÃO TARIFÁRIA

O segundo nível de integração é a tarifária, que evoluiu nos últimos anos, deixando de exigir que a integração fosse feita em terminais fechados ou com tíquete de papel, como vale-transporte ou passes, e passando pelos cartões magnéticos e avançando até os cartões eletrônicos, conhecidos também como sistemas eletrônicos. Segundo o NTU (2005), os sistemas eletrônicos de cobrança introduziram novos conceitos e possibilidades de deslocamentos que alteraram os hábitos dos usuários, atraindo novos passageiros para o sistema de transporte “contribuindo inclusive para a redução da ociosidade na oferta”, além de possibilitarem um maior controle da demanda, incluindo uma fácil identificação sobre a quantidade de passageiros transportados, pagantes, não pagantes entre outras análises. Estes *smartcards* apresentam versões com e sem contato e, através de um *microchip*, são capazes de armazenar e processar grandes quantidades de informações complexas. A validação do usuário é feita através de um “totem” que identifica o *smartcard*, registra o pagamento do usuário no sistema e garantindo a não-cobrança deste usuário nas próximas viagens, devido essa tecnologia, há também a redução do tempo de embarque, uma vez que o contato e troca de informações com o cobrador de tarifas é reduzido. A bilhetagem eletrônica confere ao usuário a liberdade em definir o seu próprio trajeto, através de arranjos mais complexos, caso o mesmo julgue o sistema de transporte ineficiente, uma vez que esse tipo de integração permite a realização de várias viagens pagando apenas uma tarifa. Cadaval (2010) complementa que este ambiente eletrônico permite ao usuário acionar qualquer modo de transporte independentemente da sua localização, estando o usuário em um terminal rodoviário, terminal de transição

ou apenas em um ponto de parada. Além disso, a bilhetagem eletrônica agiliza o embarque, e desembarque dos passageiros, como aconteceu com o sistema de transporte urbano de Uberlândia que reduziu o tempo de embarque de 3 minutos para 30 segundos nos horários de pico (Borges, 2013).

2.5.3 INTEGRAÇÃO OPERACIONAL

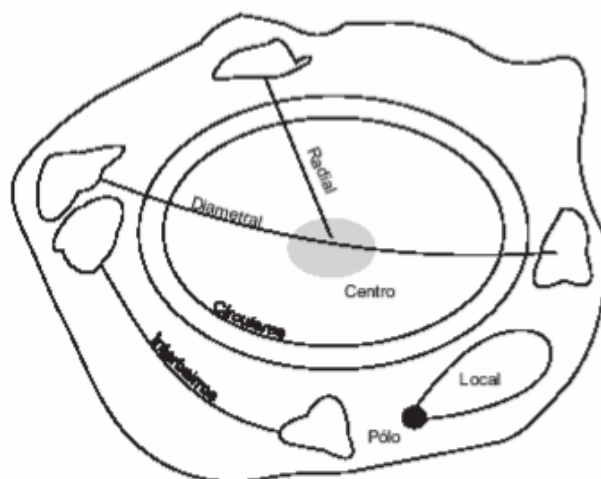
Finalmente, o terceiro, e último nível de integração é a operacional, que coordena a forma como o serviço de transporte público é prestado e operado, incluindo planejamento e replanejamento de trajetos, extensão dos trajetos, frequências e outros. Esta integração também é abordada como integração no tempo, ou temporal, por alguns autores, como Ferraz e Torres (2004) cujo explicam que a integração sincronizada no tempo ocorre quando veículos de linha diferentes cumprem uma programação operacional (planos de horários) planejada para que cheguem juntos ao local de integração física, permitindo aos usuários fazer a transferência entre veículos sem praticamente qualquer espera.

Intimamente conectado à integração temporal, está a compreensão e análise das linhas e redes de transporte público de uma região e, quando se estuda sobre linhas, redes, trajetos, itinerários e similares, é intrínseco ao assunto a compreensão de qual definição se está trabalhando. Ferraz e Torres (2004) expõem duas óticas para a análise de linhas e redes: segundo o traçado e segundo sua função. Estas definições tratam de abordagem distintas mas com similaridades, de forma que é possível compreender uma definição de linha segundo traçado e encaixá-la em uma linha segundo função. As definições propostas por Ferraz e Torres (2004) quanto a linhas segundo seu traçado e a tradução dessas definições para o sistema de Brasília são apresentadas a seguir:

- Radial: linha que conecta a zona central à outra região da cidade;
 - A maioria das linhas de Brasília obedecem essa dinâmica. Linhas que saem de suas regiões administrativas e viajam até a rodoviária do Plano Piloto. Como exemplo, tem-se a linha 0.300, que conecta o P Sul, em Taguatinga, até a rodoviária do Plano Piloto.
- Diametral: linha que conecta duas regiões opostas, passando pela zona central;
 - Por definição, este trajeto conecta dois bairros opostos, passando pela região central. Em Brasília, a linha que se aproxima a esta definição, por exemplo, são as 0.640 e 0.512 que transportam usuários de Planaltina e Sobraquinho, respectivamente até o final da W3 Sul, cruzando assim por todo o Plano Piloto.
- Circular: linha que liga várias regiões da cidade, formando um circuito fechado, onde, no caso mais comum, a zona central se localiza no centro do circuito;
 - Para este modelo, existem diversas linhas em Brasília, que realizam rotas circulares na zona central, 0.023 que circula entre as vias W3 e L2, por exemplo, ou a 0.006 que circula entre Cruzeiro, Octogonal, Sudoeste e W3 Sul.
- Inter-bairros: linha que liga duas ou mais regiões da cidade sem passar pela zona central, com o objetivo de atender com viagens diretas um ou mais pólos de atração importantes;

- Para esse exemplo, pode-se citar a linha 0.038, que conecta o Riacho Fundo I à Taguatinga Sul e Norte.
- Local: linha cujo percurso se encontra totalmente dentro de uma região da cidade, também com o objetivo de atender com viagens diretas a um ou mais pólos de atração importantes;
 - Para este tipo de trajeto, tem-se a linha 0.157 que atende as regiões do Guarã I e II e se estende até o centro comercial Park Shopping.

Figura 7 - Diversos tipos de linha de acordo com seu traçado



Fonte: Ferraz e Torres (2004)

Complementarmente, as linhas de transporte público urbano podem ser definidas de acordo com suas funções. Similarmente, apresentar-se-á as definições propostas por Ferraz e Torres (2004) e como as definições se aplicam ao transporte público de Brasília.

- Convencional: linha que executa simultaneamente as funções de captação dos usuários na região de origem, transporte da origem até o destino e distribuição na região de destino;
 - A maioria das linhas de Brasília atuam assim, coletando os usuários nas suas regiões administrativas de origem e transportando-os para outras áreas, sejam esta o centro ou outras regiões administrativas;
- Troncal: linha que opera num corredor onde há grande concentração de demanda, com a função principal de realizar o transporte de uma região à outra da cidade;
 - Estas são linhas de transporte público com modos de maior capacidade e velocidade, podendo ser representadas por metrô, ônibus articulado ou bi-articulado, em faixas exclusivas ou segregadas. O serviço que melhor se aplica nesta definição é o BRT, que conecta as regiões de Santa Maria, Gama e Park Way até a rodoviária do Plano Piloto através de faixas exclusivas. Ainda existem faixas exclusivas na Estrada Parque Núcleo Bandeirante e na Estrada Parque Taguatinga, por exemplo.
- Alimentadora: esta linha é responsável por captar e distribuir a demanda, ou seja, é responsável por recolher os usuários de uma região e entregá-los em um terminal, que faz conexão com uma linha troncal. Atingindo o terminal, essa linha coleta os usuários que nela estão e realiza sua viagem de volta para o seu ponto de origem;

○ Esta dinâmica pode ser observada no Gama e Santa Maria, onde os coletivos que lá circulam entregam os usuários nos pontos de partida do BRT. É o melhor exemplo para ser citado no Distrito Federal.

- Expressa: linha que opera com poucas ou nenhuma parada intermediária para aumentar a velocidade operacional, reduzindo, assim, o tempo de viagem. Também é comum o emprego do termo semi-expressa para designar as linhas com poucas paradas intermediárias.

○ Apesar de haver um princípio de estrutura na Estrada Parque Taguatinga para executar esta função, apenas o Expresso DF (BRT) é quem opera este serviço em Brasília.

- Especial: funcionam apenas em determinados horários (normalmente nos horários de pico) ou quando ocorrem eventos especiais.

○ A utilização destas linhas é feita também em períodos de eventos, como aconteceu durante a Copa do Mundo (2014), Olimpíadas (2016) e outras comemorações como Sexta-feira Santa e outros. G1 DF (2016) reporta que recentemente o DFTrans alterou a linha 0.761, tornando-a exclusiva para atender a população do Paranoá, conectando-a ao Plano Piloto.

- Seletiva: linha que realiza um serviço complementar ao transporte coletivo convencional, com preço maior e melhor qualidade para atrair usuários do automóvel, geralmente denominado por ônibus e microônibus executivos, que só transportam pessoas sentadas ligando uma região da cidade à zona central, estação de trem, aeroporto, etc;

○ A linha 113.1 realiza o traslado do Aeroporto até os setores hoteleiros Sul e Norte e passando também pelo Centro de Convenções Ulysses Guimarães, a um tarifa de R\$ 10.

A integração operacional trata também da formação das redes de transporte, e como estas redes operam para atender a demanda exigida pelos usuários de uma região. Hidalgo (2009) discute que essa integração permite a criação de melhores planos de roteirização da frota de ônibus ocasionando melhorias através das reduções dos custos de transporte, do consumo energético, da emissão de poluentes, dos congestionamentos e da sobrecarga existente no transporte urbano.

O estudo clássico do problema de roteirização de veículos (Vehicle Routing Problem – VRP) permite importar diversas técnicas, definições e modelos que, ao realizar os devidos ajustes, podem ser aplicados a serviços de transporte público e direcionar seus estudos para diversas oportunidades de melhoria, incluindo a otimização das distâncias percorridas, tempo gasto durante as viagens, minimizar custos e promover um melhor uso dos recursos disponíveis. Belfiore e Fávero (2006) apresentam extensões do problema VRP que visam melhorias operacionais e redução de custos, usualmente aplicados em ambientes empresariais mas que possuem vínculo e aplicação no campo do transporte urbano. Hidalgo (2009) apresenta as técnicas de rede em malha (*Grid*) e a rede radial (*Hub-and-spoke*, que em tradução livre representa o centro de uma roda de bicicleta – Hub – conectado aos seus aros – Spoke) que visam otimizar os serviços de roteirização. Conforme apresentado por Noori and Ghannadpour (2012) este problema apresenta um procedimento padrão de atuação, de forma que se

trabalha com uma frota de veículos, com capacidade limitada, que devem viajar ao longo de uma área para atender as demandas dos consumidores que estão dispersos em diferentes áreas geográficas.

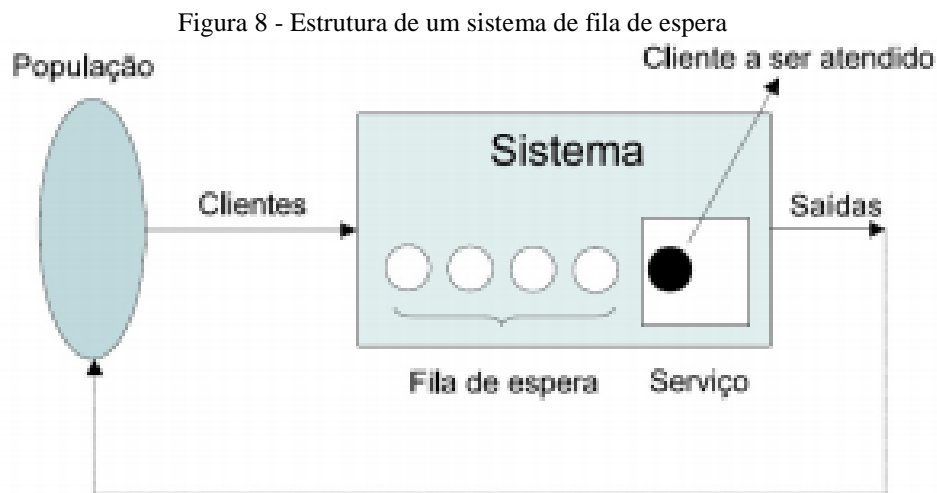
Para solucionar problemas desta magnitude, é possível que os modelos matemáticos abranjam três métodos de solução: métodos com soluções exatas, heurísticas e meta-heurísticas. Conforme Belfiore e Fávero (2006), pouca atenção é dada para os métodos exatos uma vez que a maioria dos problemas de roteirização de veículos pertencem à classe NP-completo (*Non-Deterministic Polynomial time*) e os algoritmos de tempo polinomial utilizados para achar a solução ótima resolvem apenas problemas de pequeno porte e não refletem a realidade. Reeves (1993) define que os métodos heurísticos apresentam técnicas que provem uma solução “suficientemente boa” com um custo operacional razoável, sem garantir soluções ótimas. Enquanto os métodos meta-heurísticos são apresentados por Griffis et al. (2012) onde argumentam que “a aplicação de técnicas meta-heurísticas para problemas logísticos e para gestão da cadeia de suprimentos é apresentado de forma extensa na literatura”. Este método utiliza das técnicas *Genetic Algorithm*, *Tabu Search* e *Simulated Annealing* para prover uma solução ótima dentro do sistema de “busca pela vizinhança” (*Neighbourhood search*), onde, definidos os parâmetros, os algoritmos busca soluções ótimas dentro de uma vizinhança próxima. Griffis et al. (2012) ainda apresenta que o uso de métodos meta-heurísticos é um dos mais comuns para solucionar problemas de roteamento de veículos.

2.6 TEORIA DAS FILAS

A partir do momento em que estão definidas as rotas dos ônibus, não é permitido que o ônibus siga qualquer outro caminho existente para chegar ao seu destino, uma vez que isso irá impactar descontentamento em diversos passageiros que tiveram seus pontos de parada suprimidos devido a alteração da rota. Em outras palavras, a definição de rotas envolve diversas variáveis tais quais competição por espaço nas vias, formação de filas, tempos de parada, tempos de deslocamento, pontos de partida e chegada entre outros, o que mostra a importância em se estudar, analisar e planejar estas operações para atingirem melhores resultados. Estes problemas podem ser solucionados a partir de modelos matemáticos e simulações a partir de softwares especializados, a fim de prover resultados em um curto espaço de tempo e com menor investimento financeiro.

Um dos desafios observados quando se trabalha com transporte urbano é a retenção de trânsito, representado pelos congestionamentos, seja pelo excesso de veículos motorizados na rua ou por uma má dimensão das vias urbanas. Estas variáveis podem ser analisadas a partir de um campo de estudo da Pesquisa Operacional que é a chamada Teoria das Filas, que analisa a taxa de chegada das entidades (clientes) em um sistema e a que taxa essas entidades são processadas pelos servidores. Quando o tempo de processamento é menor que a taxa de chegada de clientes, há a formação de filas, assim, Garay (2012) apresenta alguns dos desafios deste estudo como melhorar a utilização dos servidores disponíveis,

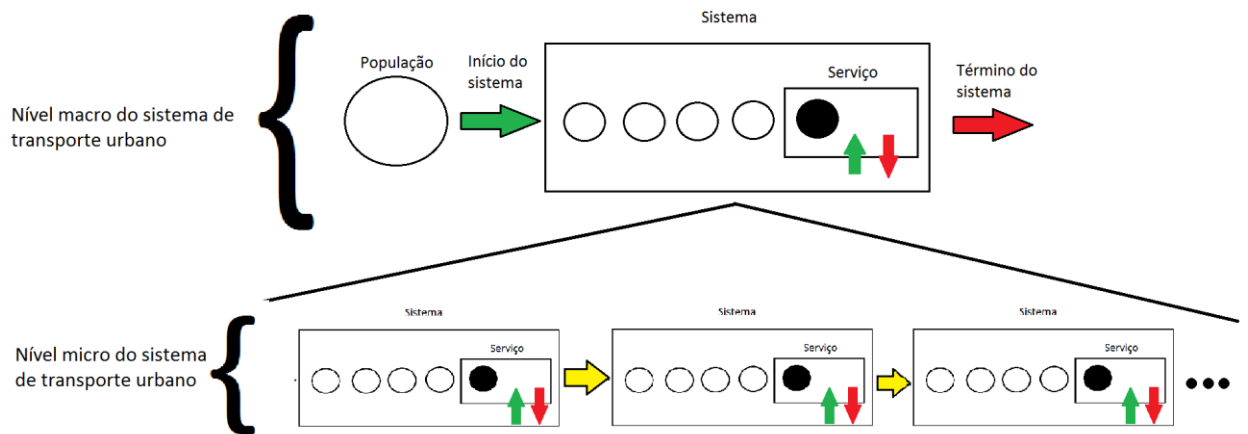
diminuir o tempo de espera dos clientes e aumentar a rapidez no atendimento. A Figura 8 apresenta a estrutura de um sistema de fila de espera.



Fonte: Garay (2012).

Similarmente, no sistema de transporte público pode-se utilizar destas definições a um nível macro, onde o cliente é representado pelo usuário do ônibus, o sistema é representado pelo tempo de viagem e a saída possui como resultado do usuário entregue no seu ponto de destino, e a um nível micro, onde cada ponto de parada é considerado um sistema com diferentes tempos de processamentos. A Figura 9 apresenta a análise do sistema de transporte público, em nível macro e micro, a partir da ótica da teoria das filas.

Figura 9 - Sistema de transporte urbano, analisado sob a ótica da Teoria das Filas



O nível macro, apresentado na Figura 9, indica a saída do ônibus do seu ponto de origem (Início do Sistema), sua viagem ao longo dos pontos de parada (Sistema) e a chegada do ônibus ao seu ponto de destino (Término do Sistema). Ao longo da passagem pelo sistema, esse processo se repete de forma repetitiva, uma vez que a cada parada nos pontos de coleta de usuários pode haver a formação de fila, há um tempo de processamento, que abrange os tempo de acesso e descesso de passageiros, o tempo de frenagem até sua parada completa e o tempo de retomada da viagem até que se chegue num próximo ponto e assim por diante. As setas verticais nas cores verdes e vermelhas representam a entrada e saída de usuários no ônibus, respectivamente, enquanto as setas horizontais nas cores amarelas representam as viagens intermediárias, entre um ponto de parada à outro.

5. METODOLOGIA

Existe hoje no Distrito Federal a prestação do chamado “Serviço Básico” de transporte que compreende as principais regiões administrativas da capital. A prestação deste serviço é realizado por cinco empresas, que ganharam a concessão de exploração após aprovação em licitação, em cinco grupos de regiões distintos. Contudo, parte das linhas possuem como área “comum” a região de Brasília (Plano Piloto), mesmo essa sendo uma área de exploração exclusiva da Bacia 1. Desta forma, existe essa sobreposição de linhas, onde as outras quatro empresas entram numa área que não são de sua responsabilidade e prestam esse serviço. Baseando-se neste aspectos, este tópico irá relacionar as análises que serão realizadas ao longo deste trabalho acadêmico para identificar o impacto na mudança operacional de algumas linhas do serviço básico do Distrito Federal. Esta mudança operacional irá explorar algumas estratégias existentes no transporte urbano no Distrito Federal como a integração tarifária, os terminais rodoviários físicos e as amplas vias de rolagem existentes em alguns pontos da capital.

Inicialmente, realizou-se um estudo extensivo e intensivo sobre o transporte urbano no Distrito Federal. Sabe-se algumas informações referentes a sua dinâmica, estratégias, formas de roteirização e outros, contudo, a forma como esse sistema interage entre si e com a sociedade ocorre de maneira complexa. Para isso, optou-se por restringir a área de estudo deste projeto entre analisar, coletar dados, tratar dados, simular o sistema e analisar os resultados das linhas que percorrem a via W3, tanto em seu tronco Sul quanto o tronco Norte.

Há o interesse em testar uma hipótese de melhoria que visa reduzir os tempos de viagens que os usuários observam diariamente durante seus deslocamentos para o trabalho, estudo ou qualquer outra atividade que venham a desempenhar. O transporte urbano possui diversas variáveis de interação que podem limitar o seu progresso e impactar tempo de deslocamento incluindo a distância total a ser percorrida, quantidade de faixas na via de rolagem, velocidade máxima permitida, existência de semáforos, disputa de espaço com outros veículos automotores, condições climáticas entre outros. Alguns dos fatores supracitados são relevantes para o estudo de engenharia de tráfego e merecem atenção constante por profissionais da área enquanto outros são apenas aceitos, como é o caso das condições climáticas. Para a execução deste projeto, opta-se por isolar alguns desses fatores e simplificar as análises. Assim, por conhecimento físico, é ensinado que o tempo de percurso entre dois pontos é dado pela razão entre o espaço percorrido e a velocidade média executada. Complementarmente, sabe-se também que a frequência é a ocorrência de um evento dentro de um período específico de tempo. Estas equações são representadas pelas fórmulas (1) e (2), respectivamente.

$$T = \Delta S / V_m \quad (1)$$

$$f = 1/t \quad (2)$$

Desta forma, é possível analisar que redução do tempo de viagem observado pelos passageiros passa pelo aumento da frequência de ônibus em Brasília, que pode ser alcançada através do aumento da velocidade de tráfego dos ônibus ou pelo encurtamento da distância das viagens realizadas. Este trabalho acadêmico realizará um teste de hipótese diante da relação do tempo de viagem X distância percorrida através da redução do trecho de viagem representado pela W3 Sul e Norte, que juntas se estendem por aproximadamente 17 quilômetros.

Há em Brasília um ponto comum de sobreposição de linhas, que vem de diferentes regiões, que ocorre no Plano Piloto. Com exceção da marginal do Eixo Rodoviário, conhecida popularmente como Eixinho, as principais vias do Plano Piloto onde há pontos de acesso de passageiros são semaforizadas, incluindo a W3 Sul, W3 Norte, L2 Sul, L2 Norte e o Eixo Monumental, todas com velocidade máxima permitida de 60 Km/h. Desta forma, há o desejo em observar os impactos gerados pela redução do trecho da W3 Sul e Norte para empresas das bacias 2, 3, 4 e 5, representados pelas empresas Pioneira, Urbi, Marechal e São José, respectivamente, uma vez que essa região não está inclusa nas suas áreas de exploração licitada. Adicionalmente, a velocidade da viagem aumentará, uma vez que a maioria das vias que conectam as regiões administrativas (cidades satélites) à área central de Brasília (Plano Piloto) são vias rápidas e não semaforizadas. Pode-se citar como exemplo a Estrada Parque Taguatinga (EPTG), Estrada Parque Ceilândia (EPCL – Estrutural), Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA) como vias não semaforizadas e com velocidade máxima permitida igual à 80 Km/h. Assim, ao transferir a energia, tempo e recursos gastos nos trechos da W3 Sul e W3 Norte para estas vias rápidas, cujo as empresas devem focar pois são suas áreas exclusivas de exploração, haverá redução no tempo de viagem total, aumento na frequência de ônibus sem que haja adição de novos carros nas linhas, redução de atrasos através da redução das distâncias percorridas e outras melhorias que podem surgir tais quais redução da carga de estresse que os motoristas e cobradores de ônibus estão sujeitos devido o exercício da profissão, aumento na utilização dos ônibus pelos moradores do Distrito Federal que não são usuários de ônibus, redução nos custos relacionados a rodagem dos ônibus e outros.

A sobreposição das linhas no Plano Piloto gera aumento o tempo de deslocamento total devido as características das vias onde há essa sobreposição e pelo fato das linhas “afunilarem” neste ponto de entrada. O afunilamento é dado quando diversos carros, trafegando em vias independentes, encontram-se em um ponto comum para converterem em uma mesma via. Esse encontro não consegue suprir esta carga de carros que tem seu fluxo de passagem limitado neste ponto onde se inicia a apresentação de retenção de carros e formação de filas. Ferraz e Torres (2004) indicam que é a sobreposição de linhas em áreas de influência é um fator extremamente negativo que beneficia, eventualmente, alguns usuários mas que no âmbito geral prejudica a eficiência e a qualidade global do serviço. No cenário estudado, uma fila é gerada quando a taxa de chegada de ônibus é maior do que a taxa que o sistema suporta, ou seja, o número de ônibus que chegam a um dado período, o tamanho da via estudada, o tempo que cada ônibus dispense em um ponto de parada, eventuais danos mecânicos e outros influenciam na dinâmica

do transporte urbano. Quando se estuda um problema relacionado a teoria das filas, possui-se diversas características intrínsecas que irão influenciar na sua fluidez e na formação, ou não, de filas. A partir do que foi exposto, a seguir são apresentados os termos que influenciam neste estudo aplicando a devida analogia para o sistema de transporte público:

- Clientes e tamanho da população: a população (frota de ônibus do Distrito Federal) representa todos agentes que estão aptos a participarem do sistema enquanto os clientes (ônibus que entram na W3), que fazem parte da população, são agentes que de fato entram no sistema. Garay (2014) apresenta que uma população é dita como infinita quando a probabilidade de ocorrer uma nova chegada no sistema não é influenciada pelo número de clientes que lá se encontram;

- Processo de chegada: representa a quantidade de ônibus que entram na W3 durante um período. Utilizam-se dois parâmetros de comparação que são o ritmo de chegadas (λ) e o intervalo entre chegadas (IC);

- Processo de atendimento: representa o tempo em que o cliente é processado por um atendente, no caso deste estudo, é o tempo que o ônibus aguarda enquanto seus passageiros descem e sobem no ônibus. Similar ao processo de chegada, aqui também se utiliza de dois parâmetros, o ritmo de atendimento (μ) e o tempo de atendimento (TA);

- Número de servidores: representa a quantidade de agentes que podem atender um cliente dentro de um sistema. Usualmente, utiliza-se o exemplo de bancos quando se estuda este assunto e os servidores são representados pelos número de caixas disponíveis. Para o sistema de transporte público, esses servidores são os pontos de ônibus e será utilizado o valor de um servidor por ponto de ônibus, ou seja, cada ponto de parada só poderá processar um ônibus por vez. Esta é uma abordagem teórica uma vez que é possível observar no Plano Piloto ônibus parando longe dos pontos, exigindo que os usuários se desloquem até eles, muitas vezes sendo necessário correr para conseguirem entrar nos ônibus antes que estes reiniciem sua viagem;

- Disciplina da fila: é a regra com que será dado o atendimento. Esta regra pode ser o “primeiro a entrar, primeiro a sair” (FIFO), “último a entrar, primeiro a sair” (LIFO) e assim por diante. Utilizar-se-á a primeira regra apresentada;

- Tamanho máximo da fila: representa a quantidade de clientes esperando que um sistema pode comportar. Esta análise é mais simples para estabelecimentos físicos, onde o crescimento das filas irá acontecer até que a estrutura física possa comportar todos os clientes. No caso do transporte público, filas muito longas de ônibus geram ineficiência no sistema, influenciando negativamente o progresso dos ônibus e do transporte urbano em geral;

- Tempo médio de espera na fila: representa o tempo médio que um ônibus irá esperar sempre que entrar no sistema, ou seja, a cada ponto de parada pode existir uma fila que irá gerar um tempo de espera ou o ônibus pode ser atendido assim que chegar. Ao longo do sistema, existem vários pontos de paradas que atenderão vários ônibus. O somatório valor do tempo observado por cada ônibus em cada ponto de parada dividido pelo total de observações representa o tempo médio de espera.

A chegada dos ônibus em uma parada é uma função variável ao longo do tempo. Durante os estudos de teoria das filas, estas chegadas são explicadas através da distribuição de Poisson que, conforme explica Amidani (1975), possui sua função densidade conforme apresentado na equação (3). Complementarmente, o tempo de serviço se ajusta a uma função exponencial (4).

$$P(x) = e^{-\lambda} \cdot \frac{\lambda^x}{x!} \quad (3)$$

$$F(t) = \mu e^{-\mu t} \quad (4)$$

Onde, λ representa a média e a variância da distribuição das chegadas enquanto $1/\mu$ e $1/\mu^2$ representam a média e variância, respectivamente, do tempo de serviço. Diante disso, utilizar-se-á de elementos conhecidos e trabalhados no campo de Teoria das Filas para estudar e analisar este problema, traduzindo estes elementos para a linguagem do software Arena.

Realizada esta análise, iniciou-se o levantamento de dados para execução do projeto. Inicialmente, foi feito um levantamento das linhas que compreendem o “serviço básico” prestado e compreender quais destas apresentam uma “não conformidade”, ou seja, quais destas estão entrando numa região que não diz respeito a sua licitação. Esta pesquisa foi balizada a partir de informações contidas nos sites do DFTrans (2016), Horário de Ônibus (2016) e Infor Brasília (2016). Estes sites apresentam informações complementares que juntas nortearam o tratamento de dados e o desenvolvimento acadêmico deste projeto. As informações que foram retiradas destes sites representam a quantidade de linhas do serviço básico do Distrito Federal, seu trajeto, a empresa que gere este serviço, sua bacia de responsabilidade, a extensão do percurso e os horários de saída de cada ônibus. Na Figura 10 é possível observar o percurso realizado pela linha 0.156, prestado pela empresa Auto Viação Marechal, que é responsável pela Bacia 4 que atua na região Centro-Oeste da capital e atua em Parte de Taguatinga e do Park Way, Ceilândia, Guará e Águas Claras.

Figura 10 - Itinerário realizado pela Linha 0.156, prestado pela empresa Auto Viação Marechal



Fonte: DFTrans (2016)

A partir do momento em que se possuía a lista de todas as linhas que compartilhavam suas rotas dentro do Plano Piloto, prosseguiu-se o levantamento das informações relevantes para o andamento do projeto. Ao término desta etapa, obteve-se como saída uma tabela que contém a identificação numérica da linha, o seu percurso/itinerário, a empresa prestadora do serviço, sua área de atuação, a distância total percorrida e a frequência com que os ônibus iniciam suas viagens. Parte deste levantamento é apresentado na Tabela 4 para compreensão das informações levantadas.

Tabela 4 - Levantamento de informações das linhas que prestam serviços em Brasília (Plano Piloto)

ID	Percurso	Empresa	Área	Distância Percorrida	Frequência (Saídas)
0.006	Cruzeiro/Octogonal/Sudoeste/W3 Sul	PIRACICABANA	Bacia 1	40.5	55
0.007	SQS 616 (SQS 216-416)/W3 Sul-Esplanada	PIRACICABANA	Bacia 1	31.7	69
0.022	SQS 616 (SQS216-416)/W3 Sul-L2 Norte (SDN)/W3 Norte-L2 Sul (SDN)	PIRACICABANA	Bacia 1	51.2	30
0.023	SQN 716 (SQN 212-213)/L2 Norte-W3 Sul (SDN)/L2 Sul-W3 Norte (SDN)	PIRACICABANA	Bacia 1	54.8	43
0.03	Qd. 716 Norte (SQN 212-213)/W3 Norte-Sul / Aeroporto	PIONEIRA	Bacia 2	53.6	45
0.031	SQS616 (SQS 216-416)/W3 Sul-Norte (SQN 212-213)/L2 Norte-Sul/Esplanada	PIRACICABANA	Bacia 1	36	49
0.032	SQS 616 (SQS 216-416)/L2 Sul-Norte (Esplanada)/W3 Norte-Sul	PIRACICABANA	Bacia 1	35	48
0.035	Qd.716 Norte(SQN 212-213)/W3 Norte -Sul/Octogonal (Parkshopping) / Telebrásília	PIRACICABANA	Bacia 1	57.3	18
0.101	Paranoá/W3 Norte (Rodoviária do Plano Piloto)	PIONEIRA	Bacia 2	32.7	15

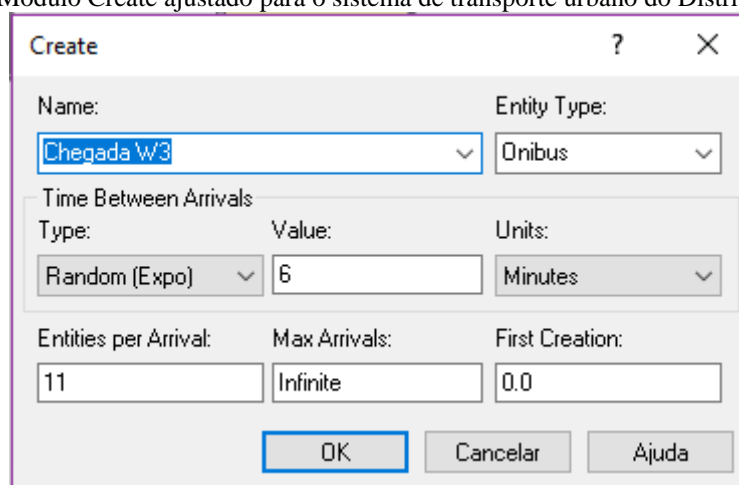
Contudo, as informações apresentadas na Tabela 4, não é possível prosseguir com estudo, pois, apesar destas serem importantes ainda são insuficientes. Mais informações foram coletadas através do aplicativo Moovit (2016), que é um aplicativo com informações sobre transporte público e que permite identificar as rotas realizadas pelos ônibus, acompanhar a viagem do ônibus em tempo real, a quantidade de pontos de paradas que uma linha possui ao longo do seu percurso e o tempo médio total que o percurso é executado. Deste aplicativo, foi coletado o tempo de viagem e os pontos de paradas para cada linha analisada. Assim, através das consultas realizadas em um primeiro momento e complementadas pelo Moovit, foi possível coletar um grupo de informações primárias e, em posse dessas, foi possível realizar diversos tratamentos e gerar um grupo de informações secundárias que incluem o intervalo médio entre saídas dos ônibus de uma linha, a velocidade média executada pelos ônibus, a distância percorrida até a chegada no Plano Piloto, o tempo que se dispense para sair do ponto de partida até a entrada no Plano Piloto e a quantidade de ônibus por linha.

Com estas informações, será possível alimentar o software Arena para simular a retenção de trânsito nas vias W3 Sul e Norte, além de compreender o tempo de viagem demandado nesta região e compreender se há ou não redução no tempo de viagem total observado pelos usuários. Para esta simulação, utilizou-se como extensão total da W3 Sul e Norte igual à 17,1 quilômetros representados por 33 pontos de parada, sendo que para a W3 Sul utilizou-se uma extensão de 8,2 quilômetros e 16 pontos de parada enquanto a W3 Norte apresenta 8,9 quilômetros de extensão e 17 pontos de parada.

O software Arena apresenta diversos recursos que, conectados e alimentados com dados corretos, permite simular sistemas complexos e compreender como o sistema irá responder a uma mudança, ou conjunto de mudanças, sem que haja qualquer interferência real e que gere descontentamento humano, perda de recursos, incluindo o financeiro, e permita a redução de riscos negativos inerentes da implementação de uma mudança. Devido este aspecto, optou-se por utilizar deste software para compreender as mudanças propostas no sistema de roteamento urbano dos ônibus do Distrito Federal. Neste sistema, utilizou-se de caixas de processos presentes no *Basic Process*, que incluíram os módulos de processo *Create*, *Assign*, *Process*, *Decide* e *Dispose*. Cada um destes módulos são explicados abaixo, incluindo como suas definições foram ajustadas.

Iniciou-se a modelagem deste sistema com o módulo *Create*, que representa o início do processo e é onde se define a taxa de chegada dos ônibus no sistema. Neste momento, definiu-se qual é a taxa de chegada de ônibus (entidades) no sistema. Definiu-se que a taxa de chegada dos ônibus no sistema obedece uma distribuição randômica exponencial. Observou-se que a média de chegada é de 11 ônibus a cada 6 minutos, contudo, por se tratar de uma variável aleatória, pode ocorrer de chegar nenhum ônibus neste intervalo de tempo quanto chegar um valor superior a 11 dentro do mesmo intervalo. Para este estudo, optou-se por analisar o progresso das linhas em um único sentido, uma vez que para planejamentos de linhas de ônibus se faz uso desta técnica, assim, o modelo apresentado inicia na última quadra da W3 Sul e se estende até o hospital Santa Helena, na W3 Norte, onde se definiu o fim do sistema. A Figura 11 apresenta como foi feito o ajuste do módulo *Create*.

Figura 11 - Módulo Create ajustado para o sistema de transporte urbano do Distrito Federal



The image shows a screenshot of the 'Create' dialog box in the Arena software. The dialog box has a title bar with 'Create', a question mark, and a close button. It contains several fields and buttons:

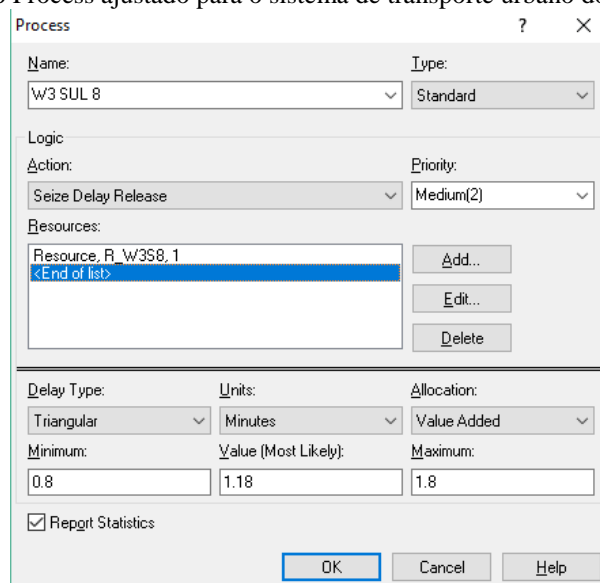
- Name:** A dropdown menu with 'Chegada W3' selected.
- Entity Type:** A dropdown menu with 'Onibus' selected.
- Time Between Arrivals:** A section with three sub-fields:
 - Type:** A dropdown menu with 'Random (Expo)' selected.
 - Value:** A text input field containing '6'.
 - Units:** A dropdown menu with 'Minutes' selected.
- Entities per Arrival:** A text input field containing '11'.
- Max Arrivals:** A text input field containing 'Infinite'.
- First Creation:** A text input field containing '0.0'.

At the bottom of the dialog box, there are three buttons: 'OK', 'Cancelar', and 'Ajuda'.

Seguindo, o módulo *Assign* foi utilizado em três oportunidades, para contabilizar a quantidade de ônibus que entraram na W3 Sul, os que chegaram ao final da W3 Norte e os que saíram do sistema na metade do percurso. A última análise é necessária pois não são todos ônibus que entram pela W3 que seguem o seu percurso. É possível que um ônibus entre na W3 Sul e depois siga para a Esplanada e entre na L2 Sul, ou vá para L2 Norte, ou vá para o Sudoeste. Existem diversas possibilidades e essas linhas foram agrupadas e analisadas de forma uniforme.

Em seguida, criou-se um módulo *Process* para cada ponto de ônibus existente na W3 Sul e Norte, foram criados 16 módulos para a W3 Sul e 17 módulos para a W3 Norte, além de 1 módulo que representa as linhas que chegam ao início da W3 Sul/Norte (301 Sul ou 301 Norte) e seguem seu percurso passando pela Esplanada antes de retomar a viagem no sentido na W3. Este módulo apresenta como os ônibus serão processados nas paradas, ou seja, apresentam uma taxa média de atendimento que os ônibus estão sujeitos. Esta taxa inclui a chegada do ônibus no ponto, a subida e descida dos usuários e o recomeço da viagem até o próximo ponto ou até sair do sistema. Utilizou-se para cada ponto de parada a taxa de atendimento definida por distribuição triangular, mensurada por minutos com valor Mínimo, Moda e Máximo iguais à 0,8; 1,18 e 1,8; respectivamente. A Figura 12 apresenta detalhes estabelecidos neste módulo.

Figura 12 - Módulo Process ajustado para o sistema de transporte urbano do Distrito Federal



O módulo *Decide* foi utilizado uma vez que, apesar de existir a sobreposição de linhas na W3 Sul e Norte, as linhas não dividem o mesmo espaço ao longo de toda extensão da W3 Sul e Norte. Assim, as linhas foram trabalhadas em três grupos, sendo o primeiro representando as linhas que viajam em toda extensão da W3 Sul e Norte, o segundo as linhas que viajam parcialmente por algum trecho da W3 Sul ou Norte, e um terceiro que apresentam as linhas que percorrem parte da W3, seguem um percurso pela Esplanada e em seguida retomam seu caminho pela W3. Esta caixa de decisão permite que parte das linhas sigam em um sentido enquanto outras são direcionadas para um segundo sentido. Essa definição é feita através de porcentagem. Para as linhas estudadas, 68% representam o primeiro grupo de linhas,

3% representam as linhas do segundo grupo e 29% representam o grupo de linhas que saem do sistema na metade do percurso.

Finalmente, utiliza-se do módulo *Dispose* para representar o término do sistema. Este módulo, além de formalizar a final do processo, realiza a contagem dos ônibus que saem do sistema. A Figura 13 apresenta uma visão geral de como os módulos de processos foram divididos, em seguida, as figuras 14, 15, 16, 17 e 18 apresentam a visão segmentada e detalhada do sistema.

Figura 13 - Modelagem do sistema de transporte urbano do Plano Piloto com foco na via W3

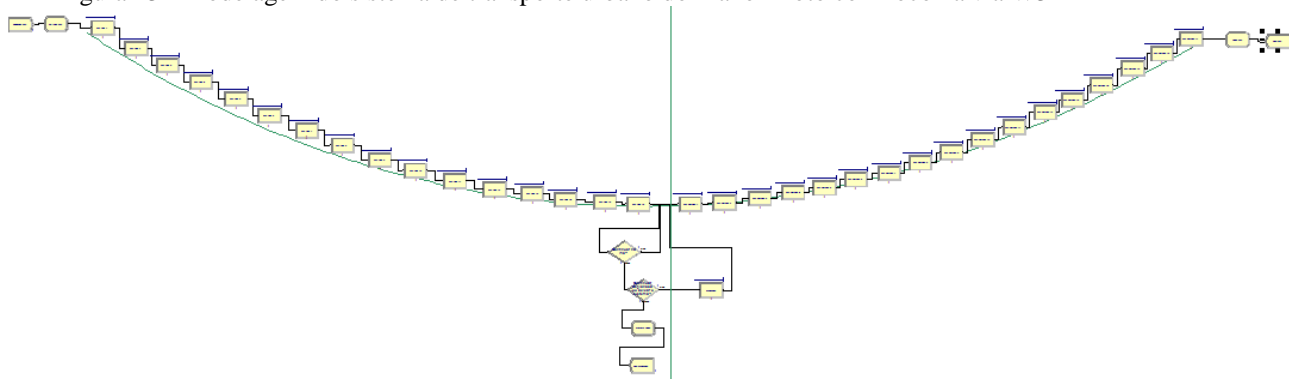


Figura 14 - Modelo detalhado - Parte 1 de 5

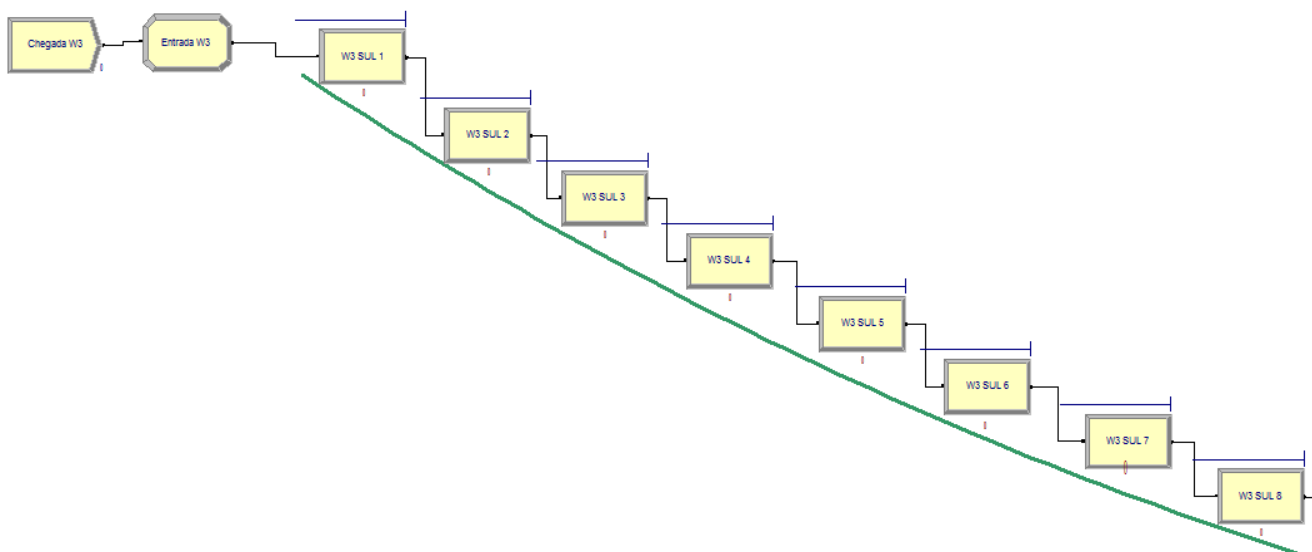


Figura 15 - Modelo detalhado - Parte 2 de 5

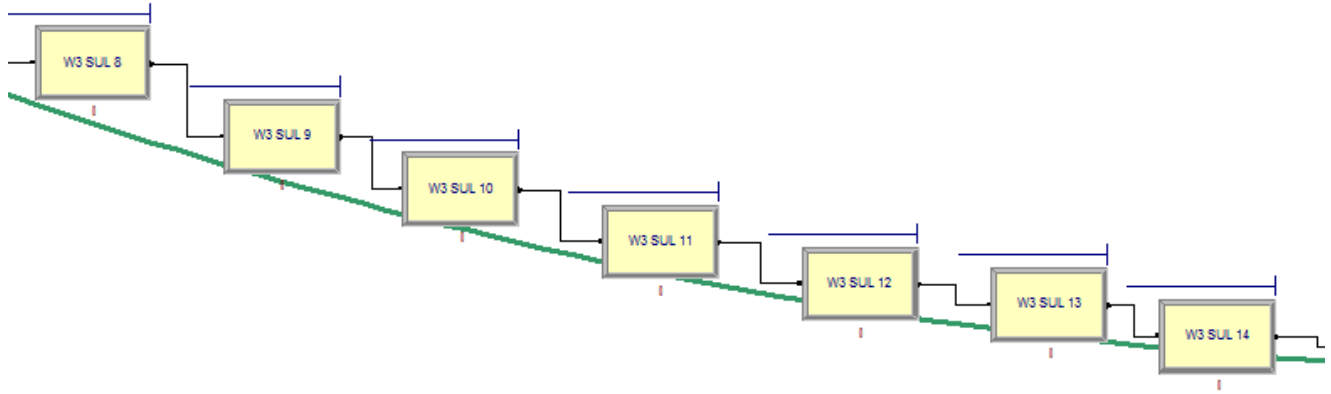


Figura 16 - Modelo detalhado - Parte 3 de 5

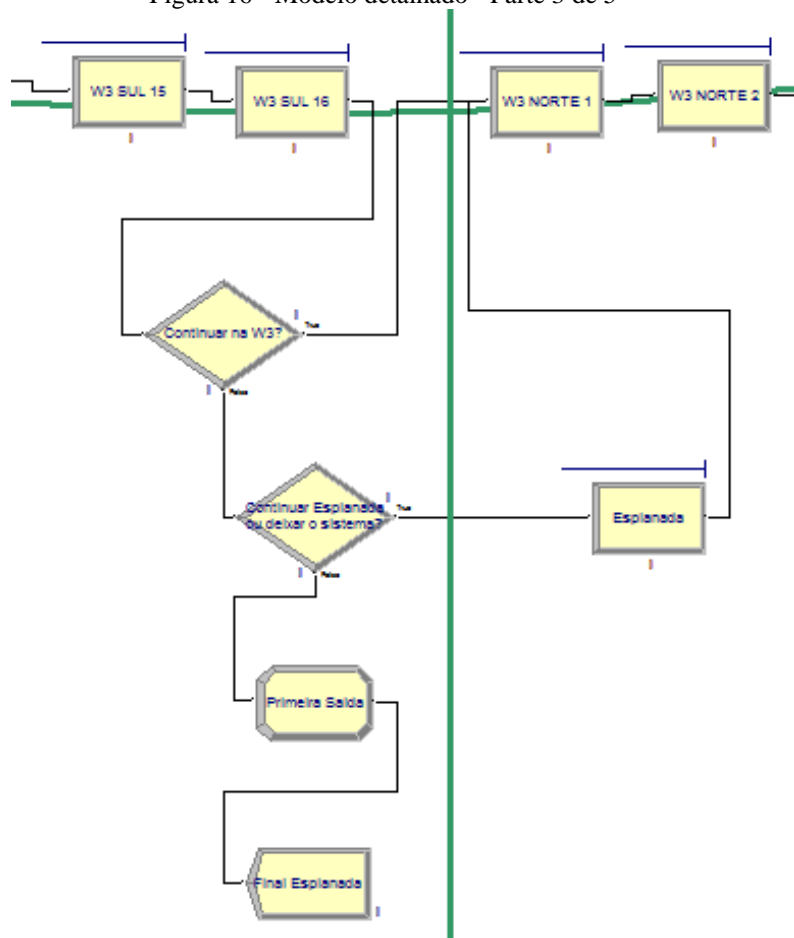


Figura 17 - Modelo detalhado - Parte 4 de 5

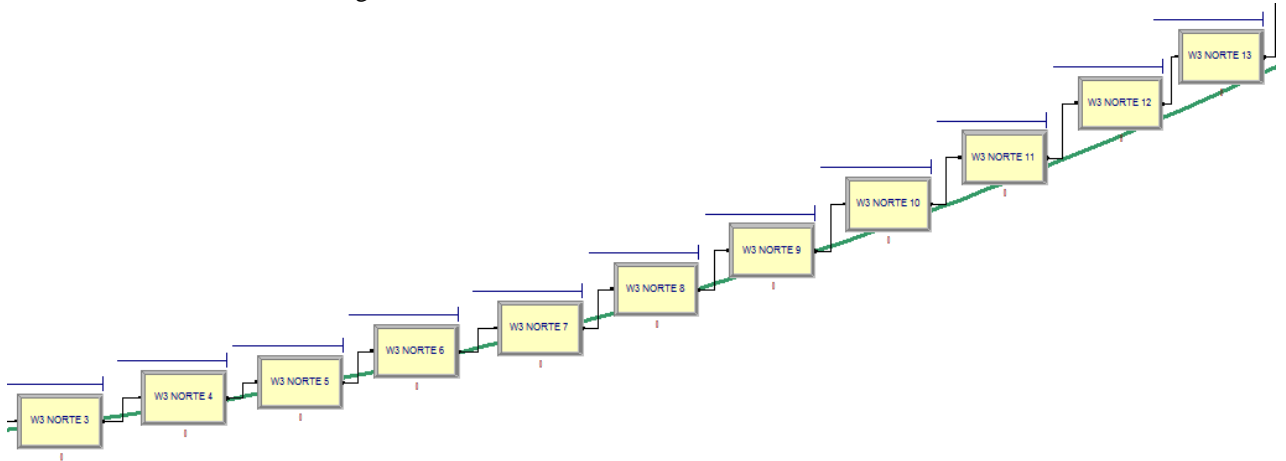
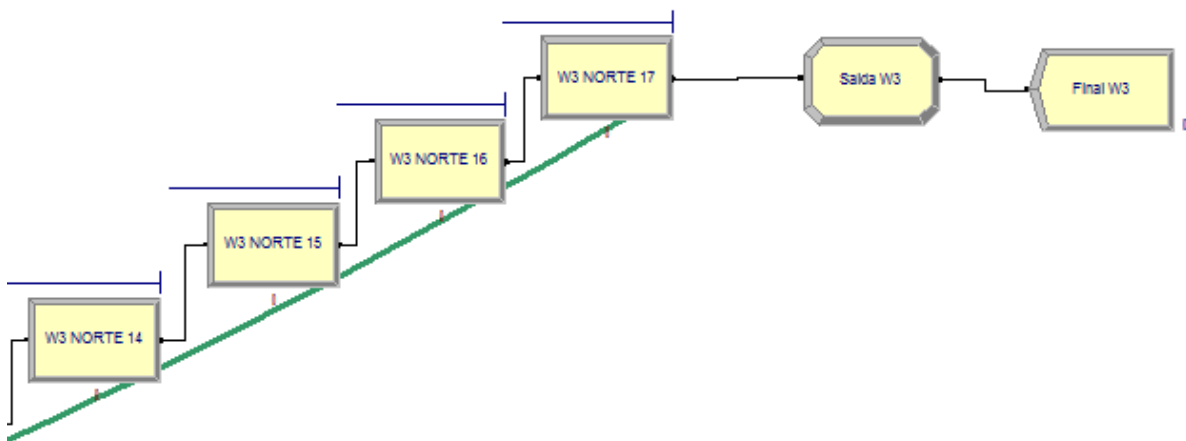


Figura 18 - Modelo detalhado - Parte 5 de 5



A partir do modelo definido e apresentado acima, será simulado o sistema e serão analisados os resultados alcançados a fim de compreender como esta alteração impacta o sistema de transporte público do Distrito Federal. Esta análise observará quanto tempo é “perdido” durante o trajeto que poderia ser empregado em uma viagem de volta para seu ponto de origem, por exemplo. A partir desta compreensão, ao saber quanto tempo é demandado durante o trajeto executado na W3, é possível identificar se a nova proposta irá reduzir ou aumentar o tempo total de viagem. Em caso de redução, é importante identificar qual o tempo máximo que o usuário poderá esperar durante o transbordo para que a soma do tempo total das viagens não ultrapasse o tempo que era observado antes da mudança. Caso não haja redução do tempo de viagem, concluir-se-á que esta não é a proposta ideal para reduzir o tempo de viagem para os ônibus do Distrito Federal.

6. RESULTADOS

Realizada a simulação, utilizou-se das características que tangem uma fila para realizar a análise dos resultados obtidos, de forma que para cada grupo de estudo modelado, foi analisado os tempos mínimo, médio e máximo de permanência no sistema, os tempos de espera em filas, o tamanho médio das filas geradas e o número total de ônibus que entraram e saíram do sistema. Durante as simulações, todos os modelos executados tiveram uma duração de 18 horas, que representa o a variação de tempo entre a primeira e a última viagem diária dos ônibus que de Brasília que possuem como trajeto a via W3.

Durante o desenvolvimento da metodologia, foram levantadas 640 linhas de ônibus, nas quais 139 linhas possuem em seu itinerário a passagem pela W3 Sul, W3 Norte, ou ambas, incluindo seus tempos totais de percurso e os tempos que cada linha leva para chegar até o início da W3, seja esta no lado Sul ou Norte. Com essas informações e a partir das simulações realizadas, é possível entender se há economia de tempo a partir da hipótese levantada. Para cada análise, considerou-se que, ao chegar em um terminal rodoviário, seja este a Rodoviária do Plano Piloto ou o Terminal da Asa Sul, o motorista terá 5 minutos de descanso, a contar do momento de sua chegada. Dado este tempo, a viagem é retomada para seu sentido de origem. Utilizando este tempo como premissa e adicionando as informações do tempo total de viagem antes da redução do trecho da W3, o tempo economizado com esta redução e o novo tempo de viagem ao longo da W3 utilizando apenas os ônibus da Bacia 1, será possível definir qual o tempo máximo de espera que um usuário pode aguarda para que o novo tempo de viagem total seja inferior ao atual.

Este problema foi dividido em duas etapas para permitir a análise e comparação dos resultados. Criou-se um modelo no Arena para identificar o sistema completo, como acontece hoje em Brasília e outro modelo para analisar o resultado com apenas os ônibus da Bacia 1 operando pela W3. Para ambos os modelos, serão apresentados os parâmetros que foram apresentados na Metodologia, que incluem a quantidade de clientes, tamanho da população, processo de chegada, processo de atendimento, entre outras análises que são essenciais para um problema de Teoria de Filas.

Inicialmente, foi simulado o sistema inteiro, modelo representado por todas as linhas que entram hoje na via W3, a fim de compreender todas interações existentes ao longo do sistema. Essa simulação permite identificar como a locomoção dos ônibus interagem com os pontos de paradas, disputa por espaço, tempo de acesso e decesso dos passageiros e a geração ou não de filas. Os resultados desse modelo é apresentado conforme os parâmetros a seguir.

- Clientes e tamanho da população: para a modelagem, considerou o tamanho da população infinita, devido o tamanho da população ser muito grande e esta ser um prática usual durante estudos de simulações. O número total de clientes que participaram do sistema, ao longo do período de 18 h, foi de 1.700 ônibus.
- Processo de chegada: após o tratamento de dados, concluiu-se que, para este modelo, a taxa de chegada é de 110 ônibus/hora. Para critério de execução de simulação, dividiu-se essas informações a uma taxa de 20 unidades, para que o Arena reconhecesse o modelo e simulasse

sem problemas, assim, os dados de entrada do software foram utilizados uma taxa média de chegada de 5,5 ônibus em um intervalo de tempo de 3 minutos;

- Processo de atendimento: este parâmetro foi utilizado a partir de manipulações através do banco de dados levantado. Estas informações são estimativas e foram replicadas para todos os pontos de ônibus existentes ao longo da W3 Sul e Norte. Não se considerou a demanda de usuários, que certamente influencia no tempo demandado por cada ponto de ônibus. Assim, utilizou-se de uma distribuição triangular com valores iguais a 0.8; 1.18 e 1.8 representando o tempo mínimo, a moda e o máximo que as entidades estão sujeitas ao longo dos pontos de parada;
- Número de servidores: considerou-se que apenas um ônibus pode ser atendido por cada ponto de parada, ou seja, sempre que um ônibus chegar no ponto de parada e se deparar com um veículo parado, deve esperar até que o veículo parado conclua a etapa de acesso e decesso dos usuários e inicie sua viagem. A partir disso, o primeiro ônibus da fila pode entrar no atendimento deste ponto de ônibus. Esta não é forma com que ocorre na prática. Em Brasília, é possível observar que ao longo de um ponto de parada é possível encontrar 4 ou mais ônibus enfileirados que estão sendo atendidos pelo servidor “ponto de parada”. Por não ter conhecimento da demanda de cada ponto de ônibus, padronizou-se a parada de todas as linhas em todos pontos;
- Disciplina da fila: para todos os pontos de parada, utilizou-se do FIFO (First In, First Out), que indica que o primeiro a chegar no ponto de parada, será o primeiro atendido. De forma prática, isso não ocorre, uma vez que a parada nos pontos não é obrigatória e acontece por demanda do usuário, assim, os ônibus podem se ultrapassar ao longo do sistema e “burlando” essas filas desnecessárias, que nesta simulação foram consideradas;
- Tamanho máximo da fila: ao longo de todo o sistema, o tempo máximo de fila formado a partir do somatório das filas geradas ao longo dos pontos foi de 65,4 minutos. A maior formação de fila ocorreu no início do sistema, representado pelo ponto de parada da 316 Sul, onde o tempo máximo de espera chegou a 33,6 minutos
- Tempo médio de espera na fila: observando este modelo, o tempo médio de espera por fila no sistema foi de 30,2 minutos, enquanto, a maior espera média por ponto de parada foi observado no ponto de parada da 316 Sul, onde a fila média formada aqui se estendeu por 19 minutos.

Realizada todas estas análises, removeu-se as linhas que não contemplam a Bacia 1 para observar como esse modelo interagiria e responderia à dinâmica do transporte urbano da W3. Como a base de simulação foi mantida de um modelo para o outro, para esta etapa não serão apresentados o processo de atendimento, o número de servidores e a disciplina de fila pois utilizou-se das mesmas regras para ambos modelos. Assim, os parâmetros obtidos como resultado para este modelo são apresentados e explicados a seguir.

- Clientes e tamanho da população: para esse modelo também se utilizou o tamanho da população como infinito e o número total de ônibus que participaram do sistema foi igual a 1.020, durante o período de 18 horas.

- Processo de chegada: o processo de chegada observado foi de 60 ônibus por hora. Contudo, para critérios de simulação, reduziu-se estes valores na mesma proporção utilizada no primeiro modelo, utilizando como informação de entrada no sistema os valores uma taxa média de chegada de 3 ônibus durante um intervalo de 3 minutos;
- Tamanho máximo da fila: o tamanho máximo da fila para este modelo foi menor. Atingiu-se um tempo máximo total do sistema igual a 64 minutos, enquanto o tamanho máximo por ponto de espera foi de 32 minutos, que também foi observado no ponto da 316 Sul;
- Tempo médio de espera na fila: já o tempo médio de espera apresentou variações similares. O valor observado para o sistema inteiro foi de 29 minutos, enquanto o tempo médio de espera na fila na 316 Sul foi de 18 minutos.

Visando sumarizar as informações apresentadas acima e tornar sua observação mais direta, utiliza-se da Tabela 5, onde é apresentado um quadro resumo que inclui os tempos totais de deslocamento e das filas formadas ao longo do sistema.

Tabela 5 - Quadro comparativo entra a simulação com as linhas do sistema total e da Bacia 1

Amplitude da Simulação	Quantidade de ônibus no sistema	Tempo máximo da fila		Tempo na fila (min)		Ponto de maior retenção	Tempo médio no sistema (min)
		Sistema	Ponto de parada	Sistema	Ponto de parada		
Total	1700	65,4	33,6	30,2	19	316 Sul	42,4
Bacia 1	1020	64	32	29	18	316 Sul	41,4

Para este estudo, identificou-se que 130 linhas possuem a via W3 em seus itinerários, contudo, quando se analisa a empresa Piracicabana, responsável por atender a Bacia 1, que incluiu entre suas áreas de explorações a região de Brasília (Plano Piloto), o número de linhas que deveriam entrar na W3 diminui para 44 linhas, informação que apresenta uma redução de 63% no número das linhas para esta proposta estudada. Contudo, apesar de uma considerável redução no número de linhas, observando a Tabela 5, entende-se que as variações de tempo, em todos os parâmetros analisados, é de apenas 1 minuto, sendo insuficiente para o estudo, uma vez que este valor é menor que o tempo de descanso definido para os motoristas a cada chegada no terminal. Complementarmente, Ferraz e Torres (2004) apresentam que para sistemas de integrações temporais, os tempos de espera durante os transbordos são de 15 minutos durante os horários de pico, 30 minutos durante períodos de normais e chegam a 60 minutos em horários de pouco movimento.

Os resultados encontrados neste estudo apresentam que esta proposta não é uma solução ideal para reduzir o tempo de viagem total dos usuários do serviço de transporte público de Brasília. Mesmo que as integrações temporais estivessem milimetricamente ajustadas, o tempo que o usuário economizaria ao realizar o transbordo seria de apenas 1 minuto, intervalo de economia que se exederia durante o

descanso dos motoristas. Contudo, analisando pela ótica do tempo economizado, a supressão dos trechos estudados geram um este ganho e podem aumentar a frequência do serviço prestado, porém, quando se analisa o histórico de reclamações que o transporte público é alvo, propor uma mudança que irá aumentar o tempo de viagem dos usuários não será observado como uma boa mudança.

Apesar de não contemplar no escopo de estudo da pesquisa, ao analisar os resultados, pode-se pensar que, apesar da redução do número de linhas operando na área central de Brasília, em alguns casos seria exigido dos ônibus a parada em todos os pontos de acesso ao longo da W3 Sul e Norte uma vez que o público terá uma característica heterogênea. Enquanto no modelo atual, pode ocorrer de um ônibus se dirigir de forma direta para seu ponto final, seja ele a rodoviária do Plano Piloto, final da W3 Norte, uma vez que, por compartilharem de locais próximo de residência, trata-se de um público mais homogêneo e com desejos de viagens similares.

Finalmente, apesar do estudo não promover uma redução no tempo de viagem adequada, pode-se observar que mesmo reduzindo em 63% a quantidade de ônibus circulando pelo Plano Piloto, os ônibus da bacia 1 se mostraram capazes de suprir 60% do total de viagens, operado pelas cinco empresas prestadoras de serviços. Esta informação representa um ganho financeiro para a empresa Piracicabana que pode exigir o cumprimento das definições apresentadas na licitação que aprovou a prestação destes serviços, além de gerar uma redução de custos para as outras quatro empresas que prestam o serviço básico, uma vez que estarão economizando seus recursos como diesel, óleo, pneus e outros fatores relacionados com a depreciação dos seus ônibus e estarão economizando, também, cerca de 1 hora de prestação de serviços que podem ser destinados ao descanso de seus profissionais, por exemplo.

7. CONCLUSÃO

Quando se aborda o assunto de transporte público, abordam-se tópicos que vão além de aspectos técnicos como a dimensão do tamanho da frota, definição dos horários de saída, roteirização da frota e análises de viabilidade econômica. O transporte público aborda questões referentes a mobilidade urbana como a geração e acesso à oportunidades, humanização das cidades, melhor uso do espaço urbano e melhoria na qualidade de vida dos habitantes da cidade. É um assunto que requer atenção, preocupação, estudo e pensamento coletivo.

Ao longo do projeto apresentou-se diversas abordagens que mostram quão complexo é identificar oportunidades de melhoria no transporte. Para o atual estudo, uma simulação mais próxima do real envolveria programações que abordariam o campo de estudos heurísticos, além de uma extensa coleta de dados para contabilizar as diversas variáveis que interagem ao longo desse sistema.

Este estudo foi motivado a partir da observação do sistema público prestado no Distrito Federal, tanto como usuário do transporte público, como estudante de engenharia de produção, analisando esse sistema a partir de uma ótica técnica. Unindo estas duas frentes, e conhecendo das dificuldades que os usuários deste sistema enfrentam diariamente, eligeu-se esse tema visando buscar melhorias pro sistema, incluindo o conforto dos usuários. Observou-se que a hipótese testada gera uma redução no tempo de viagem, contudo, essa melhoria é insuficiente para ser aplicada no Distrito Federal.

O software utilizado foi o Arena, em seu modo para estudantes, que limita o tamanho dos problemas que podem ser modelados, além da quantidade de informação que pode ser processada. A partir dos tratamentos dos dados, o Arena apontou como limitante o número de entidades geradas, que ultrapassaram as 150. Desta forma, os valores tratados foram reduzidos em taxas proporcionais para garantir que a simulação ocorresse. Com os resultados obtidos, utilizou-se da proporção de redução para estender os resultados e analisar o sistema completo. Contudo, como se trata de um estudo com chegadas aleatórias, reduzir e aumentar os resultados com proporções físicas não garantem a veracidade final do resultado. Contudo, a proposta em utilizar elementos da Teoria das Filas alinhado ao software Arena foi capaz de promover resultados muito próximos do comum, uma vez que esse programa é capaz de retornar valores e informações relevantes para este campo de estudo. Através do software foi possível realizar análises em um tempo reduzido e a um baixo custo, observando os principais resultados e riscos deste projeto, que caso fosse desenvolvido sem análise prévia iriam gerar enormes gastos de implementação sem o conhecimento real do seu resultado.

Apesar do resultado não promover uma redução no tempo de viagem total e gerando assim maior comodidade ao usuário do transporte público, houve uma melhoria substancial na redução de ônibus que entram no Plano Piloto e como a empresa responsável por essa região responderia a implementação dessa mudança, caso ocorresse. Observou-se que a empresa responsável pela Bacia 1 conseguiria promover aproximadamente dois terços das viagens totais observadas atualmente, fator que geraria ganhos financeiros e reduções de custos para as empresas que prestam o serviço básico no Distrito Federal.

Ressalta-se que o transporte urbano é gerido por diversas interações e não se restringe ao uso de veículos motorizados. Sua dinâmica, extensão e geração de demanda podem ser melhorados a partir de sistemas multi-modais que contemplem linhas de metrô com maiores pontos de acesso, uso de veículos leve sob trilhos (VLT), utilização de faixas exclusivas para tráfego de ônibus, entre outras estratégias. Investimentos em novas tecnologias na área de transportes devem ser considerados, uma vez que a perda devido ao longo tempo despendido acarreta na improdutividade do país, além do desgaste do trabalhador, o que impacta a dinâmica econômica como um todo.

Finalmente, o campo de pesquisa que envolve transporte urbano, incluindo a mobilidade urbana e a prestação do serviço de transporte público é um ambiente amplo, complexo e com diversos desafios para serem analisados, estudados e resolvidos. Este projeto de pesquisa pode ser usado como ponto de partida para projetos mais complexos nos níveis de mestrado e doutorado, por exemplo. Diversos aspectos foram suprimidos ao longo deste estudo para que o mesmo não se estendesse por longas pesquisas metodológicas e definições teóricas mas que não deixam de ser menos importante do que os assuntos abordados. Pode-se realizar um trabalho complementar a partir do levantamento de dados para compreender onde se encontra o maior volume de viagens de Brasília, indicando qual é o caminho mais buscado pelos moradores do Distrito Federal. Outros campos que podem ser estudados ainda neste campo é a descentralização de oportunidades, que hoje se concentram majoritariamente no Plano Piloto. Esta medida permite que sejam buscadas oportunidades de estudo, trabalho e lazer próximos aos locais de residência, reduzindo, assim, os tempos perdidos durante essas viagens, uma vez que são necessárias. As metodologias aprendidas ao longo da graduação e que são aplicadas amplamente no âmbito industrial e empresarial, devem também ser aplicadas no âmbito público visando ganhos e melhorias nas esferas econômicas, ambientais e sociais.

8. Referências

- Amidani, L. R. (Setembro de 1975). *A teoria das filas aplicada aos serviços bancários*. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Andrade, H. d. (11 de Setembro de 2015). *Rio é a cidade onde moradores mais perdem tempo no trajeto casa-trabalho*. Fonte: UOL Notícias: <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/09/11/trajeto-casa-trabalho-leva-ao-menos-duas-horas-em-oito-capitais-diz-firjan.htm>
- ANTT. (04 de Abril de 2014). ANTT divulga licitação do Transporte Semiurbano para a região do DF. Fonte: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/30034/ANTT_divulga_licitacao_do_Transporte_Semiurbano_para_a_regiao_do_DF.html
- Antunes, L. (28 de Janeiro de 2014). *Transporte público no Brasil é castigo*. Fonte: 360 Meridianos: <http://www.360meridianos.com/2014/01/transporte-publico-brasil.html>
- Arruda, J. R. (16 de Julho de 2009). DECRETO Nº 30.584 - Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal. Brasília, Distrito Federal.
- Arruda, J. R. (09 de Fevereiro de 2010). DECRETO Nº 31.311 - Regulamento do Sistema de Bilhetagem Automática (SBA) do Sistema de Transporte Público. Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Azevedo, A. (2 de Fevereiro de 2016). *Cidades - DF*. Fonte: Correio Braziliense: http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2016/02/19/interna_cidades_df,518644/passagens-de-onibus-para-o-entorno-ficam-mais-caras-a-partir-de-doming.shtml
- Bazini, A. (5 de Maio de 2013). *OMS relaciona transporte coletivo à saúde no planeta*. Fonte: Diário do Transporte: <https://diariodotransporte.com.br/2013/05/05/oms-relaciona-transporte-coletivo-a-saude-no-planeta/>
- Bazini, A. (12 de Fevereiro de 2016). *Transporte público é rotina na vida de milionários e bilionários na Europa e nos Estados Unidos*. Fonte: Blog do Ponto de Ônibus: <https://blogpontodeonibus.wordpress.com/2016/02/12/transporte-publico-e-rotina-na-vida-de-milionarios-e-bilionarios-na-europa-e-nos-estados-unidos/>
- Beguoci, L. (23 de Setembro de 2015). *O transporte público precisa de um plano de marketing*. Fonte: Outra Cidade: <http://outracidade.uol.com.br/por-que-o-transporte-publico-precisa-de-um-plano-de-marketing/>
- Belfiore, P. P., & Fávero, L. P. (2006 de Novembro de 6). Problema de roteirização de veículos com entregas fracionadas: revisão da literatura. Bauru, São Paulo.
- Bicalho, M. (1998). A dívida social no transporte coletivo. *Revista dos Transportes Públicos – ANTP*, pp. 33-41.
- Borges, A. (2013). *Estatísticas do SIT - Terminais de Integração & Estações*. Dados Técnicos, Uberlândia. Fonte: http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/1603.pdf
- Brasil. (1988). Constituição Federal.
- Brasil. (03 de Janeiro de 2012). Lei Nº 12.587.
- Brasília, I. (13 de Novembro de 2016). *Horários de Ônibus*. Fonte: Infor Brasília: <http://www.inforbrasil.com.br/p/horarios-de-onibus.html>
- Cardoso, C. E. (2008). *Análise do Transporte Coletivo Urbano sob a Ótica dos Riscos e Carências Sociais*. São Paulo.
- Chaberek, M. (2014). Theoretical, regulatory and practical implications. *Scientific Journal of Logistics*, 3-12.
- Coelho, L. C. (22 de Agosto de 2016). *A logística e o desafio do transporte público de passageiros*. Fonte: Logística Descomplicada:

- <http://www.logisticadescomplicada.com/a-logistica-e-o-desafio-do-transporte-publico-de-passageiros/>
- Coelho, L. C. (22 de Agosto de 2016). *Bicicletas como meio de transporte urbano*. Fonte: Logística Descomplicada: <http://www.logisticadescomplicada.com/bicicletas-como-meio-de-transporte-urbano/>
- Constantino, R. (26 de Agosto de 2016). *País é desenvolvido quando rico utiliza transporte público?* Fonte: Campina Grande - Vale Mais: <http://www.valemaiscard.com.br/pais-e-desenvolvido-quando-rico-utiliza-transporte-publico/>
- Crescimento, P. d. (2 de Abril de 2014). BRT Eixo Sul (DF). Brasília, Distrito Federal, Brasil. Fonte: <https://www.flickr.com/photos/pacgov/14742918858/in/album-72157642165047254/>
- Cruz, F. (22 de Setembro de 2015). *Tempo gasto no trânsito ultrapassa duas horas para 23% dos paulistanos*. Fonte: Agência Brasil: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-09/tempo-gasto-no-transito-ultrapassa-duas-horas-para-23-dos-paulistanos>
- DF, G. (11 de Novembro de 2016). *DF muda a partir deste sábado linhas de ônibus do Paranoá e Itapoã*. Fonte: G1 Distrito Federal: <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/11/df-muda-partir-deste-sabado-linhas-de-onibus-do-paranoa-e-itapoa-veja.html>
- DF, G. (24 de Março de 2016). *Engarrafamento faz morador do DF passar 19% mais tempo no trânsito*. Fonte: Distrito Federal: <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/03/engarrafamento-faz-morador-do-df-passar-19-mais-tempo-no-transito.html>
- DFTrans. (2016). *Bilhetagem SBA*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/bilhetagem-sba/>
- DFTrans. (2016). *Integração*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/informacoes/integracao.html>
- DFTrans. (4 de Julho de 2016). *Linha Rural*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/transportes/rural.html>
- DFTrans. (4 de Julho de 2016). *Procedimentos para o cálculo tarifário*. Fonte: <http://www.dftrans.df.gov.br/images/PDFs/calculo%20tarifario.pdf>
- DFTrans. (4 de Julho de 2016). *Serviço Básico*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/transportes/servicobasico.html>
- DFTrans. (4 de Julho de 2016). *Serviço Coletivo Privado*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/transportes/coletivoprivado.html>
- DFTrans. (13 de Novembro de 2016). *Sistema de busca de linhas de ônibus*. Fonte: Horários e Itinerários: <http://www.sistemas.dftrans.df.gov.br/horarios/src/mapas/index>
- DFTrans. (2016). *Tarifas*. Fonte: Transporte Urbano do Distrito Federal: <http://www.dftrans.df.gov.br/informacoes/tarifas.html>
- Estatística, I. B. (28 de Março de 2016). Área territorial oficial.
- Estatística, I. B. (28 de Março de 2016). Estimativas da População residente no Brasil e unidades da federação com data referência em 1 de Julho de 2015.
- Federal, S. (23 de Abril de 2010). *Portal O Senado*. Fonte: Publicações Institucionais: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/item/id/183373>
- Federal, S. d. (2012). *Edital De Concorrência N° 1/2011-ST*. Brasília.
- Ferraz, A. C., & Torres, I. G. (2004). *Transporte Público Urbano*. São Carlos: RiMa.
- Fitzsimmons, J. A. (2005). *Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação*. Porto Alegre: Bookman.
- G1. (8 de Março de 2016). *Distrito Federal*. Fonte: Globo: <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/03/contra-transporte-pirata-empresa-reduz-tarifa-do-entorno-para-brasilia.html>

- Garay, A. W. (13 de Junho de 2012). Introdução aos Processos Estocásticos. Campinas, São Paulo.
- Gomide, A. d. (Julho de 2003). Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas. Brasília, Distrito Federal. Fonte: http://livros01.livrosgratis.com.br/td_0960x.pdf
- Griffis, S. E., Bell, J. E., & Closs, D. J. (2012). Metaheuristics in Logistics and Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 90-106.
- Hidalgo, D. (15 de Novembro de 2009). Citywide transit integration in a large city: the case of the Interligado System. *Transportation Research Board*. Washington DC.
- Karmelic, F. T. (12 de Junho de 2015). Urbanismo Radical. Chile. Fonte: Personajes Ilustrados: <https://personajesilustrados.com/2015/06/12/urbanismo-radical/>
- Klimontowicz, M. (2014). Customer-centricity evolution as a foundation of bank's competitive strategy. *Journal of Economic & Management*, 46-59.
- Locatelli, P. (17 de Julho de 2013). “A Cidade é uma só?” escancara desigualdade de Brasília.
- Lourenço, L. (02 de Fevereiro de 2016). *Geral*. Fonte: Agência Brasil: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-02/tarifa-do-transporte-semiurbano-interestadual-esta-mais-cara-partir-de-hoje>
- Martins, R. (18 de Setembro de 2012). *Pense Mobilidade*. Fonte: DF: Obras do Expresso DF devem ser finalizadas até Dezembro de 2013: <http://www.pensemobilidade.com.br/2012/09/df-obras-do-expresso-df-devem-ser.html>
- Martins, R. (16 de Agosto de 2016). *Entorno DF*. Fonte: Pense Mobilidade: <http://www.pensemobilidade.com.br/2016/08/entorno-df-antt-pode-cassar-autorizacao.html>
- Martins, R. (20 de Julho de 2016). *Entorno DF*. Fonte: Pense Mobilidade: <http://www.pensemobilidade.com.br/2016/07/entorno-df-antt-oficializa-paralisacao.html>
- Martins, R. (28 de Junho de 2016). *Entorno DF*. Fonte: Pense Mobilidade: <http://www.pensemobilidade.com.br/2016/06/entorno-df-tagatur-prepara-se-para.html>
- Meirim, H. (31 de Outubro de 2004). *Negócios: Logística de Pessoas – Um diferencial competitivo a ser explorado*. Fonte: Revista Administradores: <http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/logistica-de-pessoas-um-diferencial-competitivo-a-ser-explorado/10230/>
- Moovit. (13 de Novembro de 2016). Fonte: <http://moovitapp.com/pt-br/>
- Nacional, M. d. (04 de Setembro de 2015). Regiões Integradas de Desenvolvimento - RIDEs.
- Nassour, A. C. (Junho de 2003). A roda: a maior invenção tecnológica. São Carlos, São Paulo.
- Noori, S., & Ghannadpour., S. F. (2012). Locomotive assignment problem with train precedence using genetic algorithm. *Journal of Industrial Engineering International*, 8-9.
- NTU. (25 de Maio de 2016). *Distrito Federal tem 55 carros para cada 100 habitantes*. Fonte: Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos: <http://www.ntu.org.br/novo/NoticiaCompleta.aspx?idArea=10&idNoticia=665>
- NTU, A. N. (2005). *Novas tendências em política tarifária: Transporte público urbano*. Brasília: NTU.
- Ônibus, H. d. (13 de Novembro de 2016). *DFTrans*. Fonte: Horário de Ônibus - Maior portal de horário de ônibus do Brasil: <http://horariodeonibus.net/horario-de-onibus-df/>
- Paulo, R. N. (Setembro de 2015). 9ª Pesquisa sobre Mobilidade Urbana - Semana da Mobilidade 2015. São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Pena, R. A. (27 de Abril de 2016). Problemas no Transporte Público.

- Pena, R. F. (17 de Novembro de 2016). *A qualidade do transporte público no Brasil e os protestos*. Fonte: Mundo Educação: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/a-qualidade-transporte-publico-no-brasil-os-protestos.htm>
- Peñalosa, E. (Setembro de 2013). *Por qué los autobuses representan la democracia en acción*. Fonte: TED - Ideas Worth Spreading: http://www.ted.com/talks/enrique_penalosa_why_buses_represent_democracy_in_action?language=es
- Planejamento, M. d. (07 de Abril de 2014). *Programa de Aceleração do Crescimento - PAC*. Fonte: Passageiros aprovam BRT Expresso DF Sul: <http://www.pac.gov.br/noticia/5459815e>
- Planejamento, M. d. (02 de Abril de 2014). *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)*. Fonte: BRT reduz tempo de viagem em quase uma hora entre Gama e Plano Piloto de Brasília: <http://www.pac.gov.br/noticia/36ff4266>
- Planejamento, M. d. (3 de Abril de 2014). *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)*. Fonte: "Gama entra na modernidade da mobilidade urbana", diz morador ao usar BRT Expresso Sul: <http://www.pac.gov.br/noticia/01aca5ee>
- Planejamento, M. d. (25 de Setembro de 2016). *Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)*. Fonte: Mochilão BR: <http://www.pac.gov.br/mochilao/brt-expresso-sul-df>
- Reck, G. (22 de Agosto de 2016). *Apostila de Transporte Público - UFPR. Paraná*.
- Reeves, C. R. (1993). *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Rosa, S. J. (2006). *Transporte e Exclusão Social: A Mobilidade da População de Baixa Renda da Região Metropolitana de São Paulo e Trem Metropolitano*. São Paulo.
- Santos, L. (23 de Março de 2014). *Na cultura brasileira provinciana, só pobre anda de ônibus*. Fonte: O Globo: <http://oglobo.globo.com/rio/na-cultura-brasileira-provinciana-so-pobre-anda-de-onibus-11946695#ixzz4IN9tmTMr>
- Saúde, O. M. (Maio de 2014). *The top 10 causes of death*. Fonte: World Health Organization: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>
- Silva, W. N., Nassi, C. D., & Filho, R. D. (16 de Agosto de 2016). *Análise das práticas de integração tarifária*. Fonte: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes: http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/389_A_C.pdf
- Soares, T. (05 de Junho de 2014). *Cidades - DF*. Fonte: Correio Braziliense: http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2014/06/05/interna_cidades_df,431146/terminal-de-onibus-do-entorno-em-frente-ao-conic-comeca-a-funcionar-domingo.shtml
- Sousa, M. d. (02 de Outubro de 2015). *País rico não é aquele em que pobre anda de carro... é aquele em que o rico anda de transporte público*. Fonte: Mobilize - Mobilidade Urbana Sustentável: <http://www.mobilize.org.br/noticias/8790/pais-rico-nao-e-o-que-pobre-anda-de-carro-e-aquele-em-que-o-rico-anda-de-transporte-publico.html>
- Tomtom. (17 de Novembro de 2016). *Measuring congestion worldwide*. Fonte: Tomtom Traffic Index: http://tomtom.com/pt_br/trafficindex/list
- Urbanos, A. N. (25 de Setembro de 2016). *BRT Brasil*. Fonte: Cidades e Sistemas BRT - Brasília: <http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/menubrasilia#.V-fmuvkrK00>
- UTB. (12 de Outubro de 2016). *Linhas*. Fonte: UTB - União Transporte Brasília: <http://www.utb.com.br/linhas>
- Vasconcelos, J. A. (19 de Agosto de 2016). *Integração no Sistema de Transporte Público coletivo de Fortaleza*. Fortaleza, Ceará.