

MAURO R. DE MORAIS JR.
PEDRO H. L. FERNANDES
VITOR T. GROSSI

7659258
8590164
8075610

Estudo da demanda por transporte público na Cidade Universitária
Armando de Salles Oliveira (CUASO)

São Paulo
2018

MAURO R. DE MORAIS JR.	7659258
PEDRO H. L. FERNANDES	8590164
VITOR T. GROSSI	8075610

**Estudo da demanda por transporte público na Cidade Universitária
Armando de Salles Oliveira (CUASO)**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Luiz Marte

São Paulo
2018

MAURO R. DE MORAIS JR.	7659258
PEDRO H. L. FERNANDES	8590164
VITOR T. GROSSI	8075610

**Estudo da demanda por transporte público na Cidade Universitária
Armando de Salles Oliveira (CUASO)**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Luiz Marte

São Paulo
2018

Catálogo-na-publicação

Morais, Mauro

Estudo da demanda por transporte público na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) / M. Moraes, P. Fernandes, V. Grossi -- São Paulo, 2018.

134 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1.Engenharia Civil 2.Ônibus 3.Cidade Universitária 4.Engenharia de Transportes I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II.t. III.Fernandes, Pedro IV.Grossi, Vitor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos ao engenheiro Renato Arbex pela disposição em nos auxiliar com todos os eventuais gargalos que encontramos na elaboração deste relatório. Em sequência, deve-se grande agradecimento aos professores doutores Claudio Barbieri da Cunha, Gabriel Feriatic e Hermes Fajersztajn por nos ajudarem a entender melhor o problema proposto e nos trazer a oportunidade de estudar uma situação real, nos motivando a tornar o trabalho útil para a tomada de decisões sobre o futuro do transporte público na Cidade Universitária.

Agradecemos ao professor doutor Cláudio Luiz Marte, nosso impecável orientador que, ao longo do tempo de pesquisa e elaboração do relatório, esteve disponível para nos assistir e ensinar, em horário comercial ou não.

Por fim - e ainda mais importante - agradecemos às nossas famílias que, desde o primeiro minuto inseridos na graduação, estiveram nos apoiando para possibilitar a formação como engenheiros.

“A cidade que quiser resolver o problema da locomoção de seus habitantes com automóveis ampliará cada vez mais as áreas centrais de circulação e estacionamentos até o extremo em que não existirão mais os edifícios; aí, deixará de existir também a cidade”

Camp Oakley

Resumo

Com a divulgação da minuta do edital de licitação do sistema de transporte público por ônibus da cidade de São Paulo, lançada pela SPTrans e colocado para consulta pública em dezembro de 2017, foi apresentada a nova rede de referência do transporte público da cidade, que propõe mudanças de itinerários e frequências de linhas. Com isso, a comunidade da Universidade de São Paulo estará sujeita às mudanças que os novos itinerários causarão.

Este trabalho visa analisar a demanda por transporte público para a USP, usando os resultados da Pesquisa de Mobilidade no *Campus* feita online em 2015, da estimativa de locais de embarque e desembarque, a partir da bilhetagem eletrônica, feita pela SPTrans e um comparativo da situação atual x proposta pelo edital com um método de alocação simplificada pelo *Open Trip Planner*. O uso de recursos de bancos de dados e de Sistemas de Informação Geográfica, gerando mapas da distribuição espacial das viagens e suas características, como duração, modal, quantidade de transferências, embarques e desembarques se mostram indispensáveis.

A partir da caracterização da demanda da rede atual que serve à USP foi possível estimar como os usuários serão impactados e se comportarão na rede futura proposta. Ao final, uma alternativa de melhoria é apresentada, de modo que o nível de serviço do sistema, em geral, seja melhorado e os principais usuários afetados negativamente possam ter suas viagens diárias facilitadas.

Palavras-Chave: Engenharia Civil. Ônibus. Cidade Universitária. Engenharia de Transportes

Abstract

From the SPTrans' edital minute of the bus public transportation system for bidding, available to public consult since December 2017, the new São Paulo public transportation net was released. There were changes of itineraries and frequencies of many of the bus lines. Therefore, the University of São Paulo community will be exposed to the changes of the new itineraries.

The objective of this work is to understand how USP's public transportation demand is distributed using the results of an Online Mobility Research of 2015, conducted by the Campus administration. Data available from boardings and alightings estimatives obtained from electronic ticketing, also created by SPTrans, and the comparison of current and future situations given by results of the simplified allocation method from Open Trip Planner. The use of database resources and Geographic Information Systems is indispensable to create trip distribution spatial maps with its characteristics, such as duration, modals, amount of transferences and estimation of the general cost to perform a trip do the Campus

From the characterization of the current demand, it will be possible to demonstrate current situations of USP's bus lines and estimate how users will be impacted and how they will behave in the future proposed net. Thus, an alternative will be presented to increase the system service level and benefit users who have been impacted in a negative way.

Keywords: Civil Engineering. Bus. Cidade Universitária. Transportation engineering.

Sumário

Resumo	7
Abstract.....	8
Sumário	9
Lista de figuras	11
Lista de tabelas.....	14
Lista de gráficos.....	15
Lista de equações.....	16
Lista de abreviaturas e siglas	17
1. INTRODUÇÃO	18
1.1. Breve histórico: transporte público em São Paulo	18
1.2. Objetivo	20
1.3. Justificativa	20
1.4. Resultados Esperados.....	21
2. CONCEITUAÇÃO TEÓRICA	22
2.1. Softwares de Sistemas de Informação Geográfica.....	22
2.2. Kepler.gl	23
2.3. Modelo 4 etapas	23
2.4. <i>Open Trip Planner</i>	27
3. OBJETO DE ESTUDO.....	29
3.1. Propostas do edital sobre a Cidade Universitária	29
3.2. Estimativa de bilhetagem (2017)	37
4. METODOLOGIA	39
5. ANÁLISE.....	40
5.1. Caracterização das linhas e análise da bilhetagem.....	40
5.2. Processamento da pesquisa de mobilidade	74
5.2.1. Análise horária da demanda	75
5.2.2. Expansão da amostra e criação do zoneamento da USP	79
5.2.3. Análise atração de viagens.....	84
5.2.4. Análise da geração de viagens.....	85
5.3. Alocação de menor caminho pelo <i>Open Trip Planner</i>	88
5.3.1. Cenários de alocação	88

5.3.2.	Configuração do servidor de rotas e script de alocação	89
5.3.3.	Ocupação ponto a ponto	91
5.3.4.	Capacidade e ocupação geral	102
5.3.5.	Transferências	105
5.3.6.	Tempo de viagem	109
5.3.7.	Custo generalizado	111
6.	PROPOSTA	113
6.1.	Justificativa	114
6.2.	Especificação da alternativa	116
6.3.	Capacidade e ocupação geral	121
7.	CONCLUSÃO	128
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
	ANEXO A – Ata da reunião preliminar de 27 de abril de 2018	133
	ANEXO B – Parte do questionário da Pesquisa de Mobilidade da USP de 2015	134

Lista de figuras

Figura 1 - Anúncio de lançamento do metrô de São Paulo em 1974 (PROPAGANDAS HISTÓRICAS, 2017)	18
Figura 2 - Fila do circular com média de espera de 30 a 40 min.....	21
Figura 3 – Arquitetura de um SIG Relacional.....	22
Figura 4 - Modelo de matriz OD (Origem Destino)	25
Figura 5 - Rede de transportes dependente do tempo.....	28
Figura 6 - Disponibilização das linhas de trilhos na região metropolitana de São Paulo. (CPTM, 2017).....	29
Figura 7 - Divisão de bairros ao longo das 5 regiões de São Paulo. (GEOSAMPA, 2015)	31
Figura 8 – Trajeto da linha Circular 1.	34
Figura 9 – Trajeto da linha Circular 2.	34
Figura 10 - Comparação entre rede atual e rede proposta	36
Figura 11 - Método de determinação do local de desembarque	38
Figura 12 - Linha 701U-10: Trajeto antes do edital	42
Figura 13 - Linha 701U-10: Carregamento.....	43
Figura 14 - Linha 701U-10: Viagens à USP	44
Figura 15 - Linha 702U-10: Trajeto antes e após o edital	45
Figura 16 - Linha 702U-10: Carregamento.....	46
Figura 17 – Linha 702U-10 - Viagens à USP	47
Figura 18 - Linha 177H-10: Trajeto antes e após o edital	49
Figura 19 - Linha 177H-10: Carregamento.....	50
Figura 20 – Linha 177H-10: Viagens à USP	51
Figura 21 - Linha 7181-10: Trajeto antes e após edital	53
Figura 22 - Linha 7181-10: Carregamento	54
Figura 23 - Linha 7181-10 – Viagens à USP	54
Figura 24 - Linha 930P-10: Trajeto antes ao edital	56
Figura 25 - Linha 908T-10: Trajeto antes do edital.....	57
Figura 26 - Linha 809U-10: Trajeto antes e após edital	58
Figura 27 - Linha 809U-10: Carregamento.....	59
Figura 28 - Linha 809U-10 – Viagens à USP	60

Figura 29 - Linha 7725-10: Trajeto antes e após o edital	62
Figura 30 - Linha 7725-10: Carregamento no sentido Rio Pequeno	63
Figura 31 - Linha 7725-10: Carregamento no sentido Lapa	64
Figura 32 – Linha 7725-10: Viagens à USP sentido Rio Pequeno	65
Figura 33 - Linha 7725-10: Viagens à USP sentido Lapa	67
Figura 34 - Linha 7411-10: Trajeto antes e após o edital, sem mudanças	68
Figura 35 - Linha 7411-10: Carregamento	69
Figura 36 - Linha 7411-10: Viagens à USP	69
Figura 37 – Linha 8012-10: Trajeto da Linha Circular 1	71
Figura 38 - Linha 8022-10: Trajeto da Linha Circular 2	72
Figura 38 - Divisão da Cidade Universitária em zonas.....	82
Figura 39 – Demanda de viagens e uso de transporte público em cada zona	84
Figura 40 – Relação entre tempo de viagem do transporte público e transporte individual, associado com a demanda de viagens no período da manhã	85
Figura 41 – Geração de viagens para a USP por zonas	86
Figura 42 - Geração de viagens para a USP por bairros	86
Figura 43 - % Viagens feitas por transporte público.....	87
Figura 44 - % Viagens feitas por transporte público e diferença do tempo de viagem entre transporte público e individual.....	88
Figura 45 – Exemplo de requisição e resposta de rota pela interface do usuário	90
Figura 46 - Carregamento simulado da linha 702U-10.....	93
Figura 47 - Carregamento simulado da linha 3.00.15	93
Figura 48 - Carregamento simulado da linha 7181-10	94
Figura 49 - Carregamento simulado da linha 3.08.25	95
Figura 50 - Carregamento simulado da linha 809U-10.....	96
Figura 51 - Carregamento simulado simulada da linha 3.08.28	96
Figura 52 - Carregamento simulado da linha 7725-10-0	97
Figura 53 - Carregamento simulado da linha 7725-10-1	98
Figura 54 - Carregamento simulado da linha 4.20.17-1	98
Figura 55 - Carregamento simulado da linha 4.20.17-2	99
Figura 56 - Carregamento simulado da linha 8012-10 (Circular 1).....	100
Figura 57 - Carregamento simulado da linha 8022-10 (Circular 2).....	100
Figura 58 - Carregamento simulado da linha 4.20.14 (Circular 1).....	101

Figura 59 - Carregamento simulado da linha 4.20.15 (Circular 2).....	101
Figura 60 - Mapa da quantidade de transferências na situação atual	107
Figura 61 - Mapa da quantidade de transferências na situação proposta pelo edital	107
Figura 62 - Isócronas da situação atual	110
Figura 63 - Isócronas da situação simulada do edital	110
Figura 64 - diferença entre o custo generalizado no cenário atual e no cenário do edital	112
Figura 65 – Isócronas dos tempos de viagem ao Terminal Butantã na rede de referência do Edital	115
Figura 66– Isócronas dos tempos de viagem ao Terminal Pinheiros na rede de referência do Edital	115
Figura 67 – Traçado proposto para o Circular 3.....	117
Figura 68 – Tempo em percurso médio do circular 3 para o período da manhã	118
Figura 69 – Tempo em percurso médio do circular 1 para o período da manhã	119

Lista de tabelas

Tabela 1 - Comparação entre automóveis e ônibus. (FERRAZ, 1998)	19
Tabela 2 – Frequência, headway e frota das linhas circulares.....	33
Tabela 3 - Comparação entre rede atual e rede proposta.....	37
Tabela 4 - Capacidade individual de cada veículo - Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017	40
Tabela 5 - Resumo das mudanças de linhas: dados de distribuição de viagens	71
Tabela 6 – Comparação entre carregamentos e oferta de assentos.....	72
Tabela 7 – Resumo das mudanças de linhas: capacidades Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017.....	73
Tabela 8 - Cálculo do fator diário	76
Tabela 9 - Cálculo de demanda por fator hora pico	78
Tabela 10 - Cálculo fator de expansão - Fonte: Autor.....	78
Tabela 11 - Matriz Origem-Destino (O-D) criada a partir dos dados tratados e do subzoneamento da USP elaborado.....	82
Tabela 12 - Valores de carregamento pela análise de bilhetagem e OTP	91
Tabela 13 – Análise de ocupação para os cenários atual e edital.....	101
Tabela 14 – Análise de ocupação para o cenário atual e o cenário edital sem se considerar a nova linha 7725 entre o Rio Pequeno e o Terminal Pinheiros.....	103
Tabela 15 - Quantidade e transferências realizadas	105
Tabela 16 – Tempo médio de viagem em minutos.....	108
Tabela 17 – Pesos para cálculo do custo generalizado	110
Tabela 18 - Custo generalizado médio.....	111
Tabela 19 – Frequências, <i>headways</i> e frota necessária para a operação da linha.....	119
Tabela 20 - Cenários de inclusão do circular 3	120
Tabela 21 - Capacidades com a criação da linha circular 3	121
Tabela 22 – Análise da ocupação para cenário atual e do edital, incluindo a linha circular 3.....	122
Tabela 23 – Análise de ocupação para o cenário do edital sem modificações e com a inclusão da linha circular 3.	123

Lista de gráficos

Gráfico 1 – 701U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	43
Gráfico 2 – 702U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	47
Gráfico 3 - 177H-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	50
Gráfico 4 - 7181-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	54
Gráfico 5 - 809U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	60
Gráfico 6 - 7725-10 sentido Rio Pequeno: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	65
Gráfico 7 - 7725-10 sentido Lapa: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	66
Gráfico 8 - 7411-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h).....	69
Gráfico 9 - Amostra de entrada na USP.....	75
Gráfico 10 - Amostra de saída na USP.....	75
Gráfico 11 - Frequência de bilhetagem por período horário.....	77
Gráfico 12 - Comparativo da capacidade.....	104
Gráfico 13 - Comparativo de ocupação média do sistema, considerando todas as linhas.....	104
Gráfico 14 - Comparativo da capacidade.....	124
Gráfico 15 - Comparativo da demanda gerada pelo OTP.....	124
Gráfico 16 - Comparativo de ocupação média do sistema, considerando todas as linhas.....	125
Gráfico 17 – Comparativo do número total de transferências do sistema.....	125
Gráfico 18 - Comparativo do tempo de espera médio.....	125
Gráfico 19 - Comparativo total de viagem médio.....	126
Gráfico 20 - Comparativo do custo generalizado médio.....	126

Lista de equações

Equação 1 - Aplicação do modelo gravitacional para determinação de fluxos.....	26
Equação 2 – Cálculo do fator diário	76
Equação 3 – Cálculo fator hora pico	77
Equação 4 - Cálculo fator de ajuste	79
Equação 5 – Determinação do tempo de ciclo	116
Equação 6 – Determinação do tempo de embarque	117
Equação 7 – Determinação do tempo de embarque por trabalho de formatura alternativo.....	118
Equação 8 – Estimativa do número de desembarques	119
Equação 9 – Estimativa do tempo de ciclo do circular 3	119

Lista de abreviaturas e siglas

ARWU	Academic Ranking of World Universities
BRT	Bus Rapid Transport
C3	Circular 3
Cap	Capacidade
CEM	Centro de Estudos da Metrópole
CEP	Código de Endereçamento Postal
CMTC	Companhia Municipal de Transportes Coletivos
Consema	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CSV	Comma Separated Values
Dem	Demanda
GTFS	General Transit Feed Specification
GTFS	Especificação Geral de Feeds de Transporte Público
HPM	Hora-pico manhã
HPM	Hora Pico Manhã
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
km	Quilômetro
m ²	Metro ao quadrado
MJ	Mega Joule
O-D	Origem Destino
OSM	Open Street Maps
OTP	Open Trip Planner
pass	Passageiros
Pça	Praça
PQ.	Parque
Princ.	Princesa
PUSP-C	Prefeitura do Campus USP da Capital
RMSp	Região Metropolitana de São Paulo
RP-TP	Rio Pequeno - Terminal Pinheiros
SGBDR	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPTrans	São Paulo Transportes S.A
SQL	Structured Query Language
TDPPSP	<i>time-dependent point-to-point shortest paths</i>
Term.	Terminal
TF	Trabalho Final
ton	Tonelada
USP	Universidade de São Paulo
VL.	Vila
VLP	Veículo Leve sobre Pneus

1. INTRODUÇÃO

1.1. Breve histórico: transporte público em São Paulo

Na Antiguidade, especificamente no Império Romano, já se podia observar carroças coletivas movidas à cavalos. Porém, apenas algumas centenas de anos depois, com a revolução industrial em Londres, foram criados os primeiros carros – e carruagens - a vapor.

No Brasil, os transportes públicos também eram feitos com carruagens e cabriolés, até que, em 1868, o famoso Visconde de Mauá fez parceria com a “*Botanical Rail Road Company*”, de Nova York, e implantou a primeira linha ferroviária no país. Após a Segunda Guerra Mundial, em 1945, com o grande desenvolvimento da tecnologia e criação da CMTC (Companhia Municipal de Transportes Coletivos), foi criado um sistema integrado de transporte misto por bondes, ônibus e trólebus.

O metrô paulistano, por sua vez, foi inaugurado no ano de 1974, como mostrado na Figura 1, apresentando um enorme atrasado em relação aos países europeus que já obtinham este tipo de modal de transporte, algumas cidades desde o início do século. (LOPES, 1985)



Figura 1 - Anúncio de lançamento do metrô de São Paulo em 1974 (PROPAGANDAS HISTÓRICAS, 2017)

Ao longo do início do século XX, o mundo conheceu a cultura do *American Dream*. Com a implantação de anúncios no cotidiano das pessoas, foi criada a ideia de que felicidade e sucesso eram medidos pela quantidade de bens que o indivíduo possuía (Marchand, 1985). Esta cultura, quando chegou ao Brasil, fez com que prevalecesse o transporte particular, uma vez que as pessoas viam a aquisição de um automóvel como sinal de riqueza e sucesso. Atualmente, o paulistano vive grandes problemas de congestionamento devido à incapacidade das vias de suportar a demanda diária de viagens de automóveis.

Alguns números referentes à comparação entre o uso de automóveis e ônibus no transporte de pessoas (FERRAZ, 1998) são expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre automóveis e ônibus. (FERRAZ, 1998)

	Aproveitamento do leito carroçável [m²/pass]	Consumo de energia [MJ/pass.km]	Total de poluentes emitidos [ton/pass.km]
Ônibus	0,95	0,5	1,35
Automóveis	17,5	3	56,11

Nota-se, inicialmente, como o aproveitamento do leito carroçável de um ônibus é cerca de 18 vezes maior que de um automóvel. Além disso, é visível que o consumo de energia pelo automóvel é 6 vezes maior, quando considerado o número de passageiros transportados, e a emissão de poluentes é cerca de 41 vezes maior.

Sabendo que algumas das nações mais desenvolvidas do mundo viram, no transporte público, meios de melhorar sua mobilidade interna, como o caso do sistema metroviário de Nova York, da ligação por trilhos entre o aeroporto e o centro da cidade de Frankfurt, da intensa concentração de trilhos de Tokyo e até mesmo Curitiba e o BRT ("*Bus Rapid Transport*"), São Paulo busca seguir estes passos.

1.2. Objetivo

Primeiramente é avaliar a situação do sistema atual de transporte público, que atende a Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, por meio do uso de indicadores operacionais e estimativa da demanda dos usuários. Num segundo momento busca-se estabelecer e utilizar uma forma comparativa simplificada de redes de transporte público que permita experimentar outras configurações de sistemas de transporte e alterações nas linhas de ônibus.

A forma comparativa tem a finalidade de avaliar quais impactos a rede de referência proposta no edital apresenta para os usuários em relação a situação atual. Por meio da análise crítica dos dados, busca-se então propor e avaliar configurações alternativas à nova Rede de Referência do Sistema de Transporte Coletivo do Município de São Paulo.

Vale ressaltar que, além do objetivo acadêmico, objetiva-se também subsidiar a Prefeitura da Cidade Universitária com mais informações de como o edital proposto afetará a comunidade universitária e os usuários do *campus*, como discutido em reunião preliminar de 27 de abril de 2018 (ANEXO A – Ata da reunião preliminar de 27 de abril de 2018).

1.3. Justificativa

A pesquisa de mobilidade da Cidade de São Paulo realizada em 2014 pela Rede Nossa São Paulo (REDE NOSSA SÃO PAULO, 2014) é apenas uma das que mostram a insatisfação do paulistano frente ao aumento da lotação dos ônibus que compõe a malha de transporte público de toda a capital e sua região metropolitana. Para a Cidade Universitária são observadas recorrentes filas extensas de usuários para utilizar as linhas circulares 8012 e 8022, conforme se vê na Figura 2.

Frente a situação observada hoje, apresenta-se um edital que altera todo o sistema de transporte público por ônibus, afetando também as linhas que atendem à Cidade Universitária. Vale ressaltar que não foi feita uma avaliação da percepção dos passageiros, principalmente para a região da USP, em cujo campus circulam mais de 60.000 pessoas diariamente.

Como 67% das pessoas vêm ao Campus utilizando transporte público (fonte: Pesquisa Online de Mobilidade na USP 2018), é essencial uma avaliação dessa proposta de mudança de linhas.



**Figura 2 - Fila do circular com média de espera de 30 a 40 min
(fonte: Renato Arbex, 2017)**

1.4. Resultados Esperados

É esperado, ao final do trabalho, caracterizar a demanda que chega à Cidade Universitária, incluindo a análise das linhas diretas que trazem usuários de bairros distantes sem a necessidade de usar o modal metroviário. Será possível visualizar quais são os usuários mais afetados pelas mudanças propostas e, com base nisso, propor e avaliar uma alternativa que possa melhorar o serviço aos usuários.

2. CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

2.1. Softwares de Sistemas de Informação Geográfica

Para o desenvolvimento do trabalho fez-se necessário manipular e integrar conjuntos diferentes de dados de informação geográfica. Para isso, fez-se uso de softwares de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Estes softwares realizam o tratamento computacional de dados geográficos e trabalham com informações não apenas alfanuméricas, mas também com base na sua localização.

Um SIG por definição permite inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, além de oferecer mecanismos para combinar as informações disponíveis através de algoritmos de manipulação e análise (Dallas et al, 2005).

Existem diferentes SIG, em questão de arquitetura interna, que refletem as diferentes necessidades de utilização e que apresentam diferentes desempenho para o objetivo necessário. Os softwares utilizados na metodologia deste trabalho se apresentam, segundo definição apresentada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), como SIG relacional, com a arquitetura interna apresentada na Figura 3 abaixo.

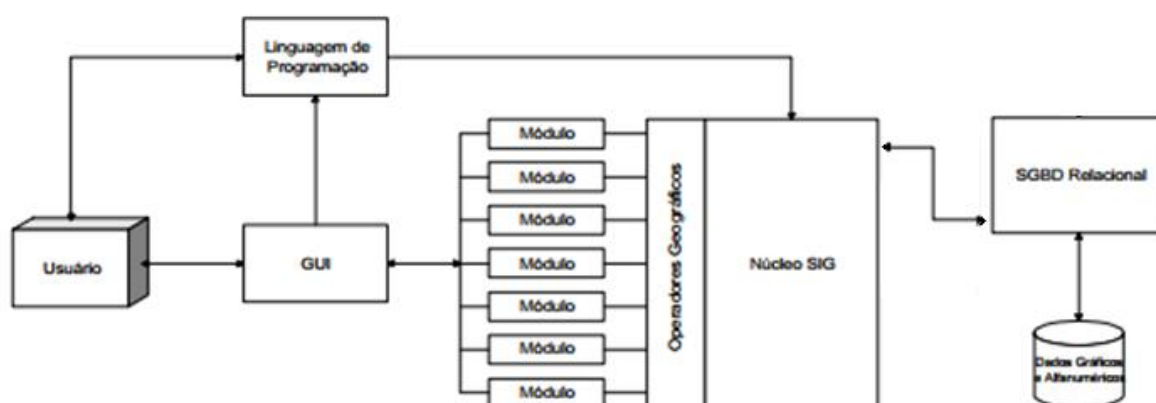


Figura 3 – Arquitetura de um SIG Relacional
Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Nos SIGs relacionais os dados são armazenados em tabelas, por meio de um sistema de chaves, de forma semelhantes aos dados alfanuméricos. Dessa maneira, a

integridade dos dados é garantida pelo Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacional (SGBDR). Conforme aponta Gilberto Câmara Neto, para as operações e recursos com a indexação espacial, é necessário estender a linguagem tradicional SQL (*Structured Query Language*) para incluir operadores geográficos como “contém”, “contido em”, ou “vizinho a”. (Neto, Davis, 1993).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os softwares QGIS, um software de código aberto e que permite a utilização de diversos plug-ins para operações de geoprocessamento e criação de mapas temáticos, além do software Transcad 6.0 para a confecção de mapas e análise espacial.

2.2. Kepler.gl

O *Kepler.gl* é uma ferramenta *open source* desenvolvida inicialmente pela *startup* Uber para a visualização interativa e análise de bancos de dados com referências geoespaciais. Esta pode ser usada *online* pelo endereço [Http://kepler.gl](http://kepler.gl) e tem objetivo de criar análises visuais de alta qualidade.

Os dados desejados são colocados no programa no formato .CSV ou .Json e ele permite a criação de diversos tipos de mapas, com inúmeros filtros para facilitar a visualização dos dados como, por exemplo, com escalas de cores.

2.3. Modelo 4 etapas

O modelo quatro etapas é usado para planejamento estratégico futuro de redes de transporte, incluindo análise da demanda e, dentro deste universo, é caracterizado como um modelo convencional, uma vez que é amplamente usado como base para softwares de simulação e aborda uma grande gama de situações.

Neste Trabalho de Formatura (TF) será associado à análise da demanda dos usuários de transporte público que chegam à USP. As etapas em ordem de execução são apresentadas abaixo:

- **Geração e atração de viagens**

Para que a representação dos fluxos seja bem-feita, é necessário dividir o meio urbano em zonas de tamanho reduzido e com características socioeconômicas e de uso do solo homogêneas. Através do zoneamento criado e das condições presentes é feito um levantamento para identificar os deslocamentos frequentes, meios de transporte, custos, tempos, etc. (NOVAES, 1986, Pag. 26).

Uma zona terá geração de viagens proporcional as características como: tamanho médio das famílias, número de trabalhadores residentes, número de automóveis presente, renda, ocupação, nível de instrução, sexo e idade.

Por outro lado, a atratividade de outra zona pode se dar devido ao número de empregos ali concentrados e atividades realizadas dentro da zona (industrial, comercial, de serviços, recreação, educacional e outras). No presente estudo de caso, utiliza-se as zonas de tráfego criadas pelo Metrô de São Paulo para a realização da Pesquisa de Origem e Destino de 2012.

Vale ressaltar que uma zona pode ser produtora de demanda em um período do dia e atrativa em outro. Há vários casos, em São Paulo, onde pode-se observar este movimento pendular de pessoas ao longo do dia, como é o caso da rota Guarulhos-São Paulo, onde guarulhenses saem de suas casas no período da manhã, vão aos seus trabalhos em São Paulo e voltam no fim da tarde, gerando grande fluxo de carros. Como o modelo é sensível às mudanças de comportamento das pessoas, principalmente em viagens recreacionais e de compras, muitas vezes coloca-se uma variável denominada "acessibilidade", que reflete mudanças eventuais nos atributos da rede de transporte. (NOVAES, 1986, Pag. 29)

- **Distribuição espacial de viagens**

Neste estágio é criada uma matriz onde se relaciona quais são as viagens realizadas às zonas. Na Figura 4 representa-se os fluxos (d_{ij}) de todas as zonas geradoras de viagens (Origens - O) com as zonas de atração (Destinos - D). A última coluna da direita mostra a produção de viagens (P) da zona naquela linha e a última linha, a atração de viagens (A) da zona naquela coluna. Esta será uma ferramenta importante na elaboração deste relatório.

O \ D	1	2	...	n	
1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1n}	P_1
2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2n}	P_2
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
n	d_{n1}	d_{n2}	...	d_{nn}	P_n
	A_1	A_2	...	A_n	A/P

Figura 4 - Modelo de matriz OD (Origem Destino)

Vale ressaltar que é possível extrair da matriz básica real uma matriz projetada. Para isso, é necessário fazer uso de um fator de expansão. O fator de expansão pode ser de quatro naturezas: uniforme (constante, mantendo proporcionalidade na projeção de todas as viagens. Melhor para horizontes curtos), médio (calculado pela relação de projeções com a realidade), de Fratar (método iterativo matemático) e de Detroit (baseado no método de Fratar, porém simplificado).

Para se chegar nos números expressos pelas variáveis d_{ij} da matriz O/D é necessário a análise da distribuição de viagens. Esta análise é baseada, normalmente, no modelo de gravidade geral que, como o nome diz, usa da mesma ideia que o modelo da lei gravitacional de Newton. Cada zona possui uma “massa”, e que esta pode ser concentrada num ponto representativo chamado “centroide”. O valor dessa massa, para uma zona geradora, será proporcional às variáveis de geração e, para uma zona atrativa, às variáveis de atração. A distância e os fatores que impedem as viagens entre essas zonas impactará inversamente no fluxo gerado, criando uma variável “I” nomeada “Impedância”.

Na Equação 1 tem-se a representação do cálculo destes fluxos, onde “ β ” e “ k ” são variáveis estimadas pela calibração do modelo através de regressão. (NOVAES, 1986, Pag 35)

$$d_{ij} = k \frac{P_i \cdot A_j}{I_{ij}^\beta}$$

Equação 1 - Aplicação do modelo gravitacional para determinação de fluxos

- **Divisão modal**

Este estágio é responsável por determinar, dentre as viagens estipuladas no segundo estágio, quantas delas usam determinados modais de transporte. Esta escolha depende de inúmeros fatores qualitativos, mas principalmente a disposição da população a gastar mais usando transporte individual, em troca de uma eventual locomoção mais confortável (veloz, ...). Assim, analisando as viagens entre um par de zonas qualquer, vale analisar os custos generalizados (somatória entre custo desembolsado e o custo do tempo andado a pé, esperando pelo transporte e no interior do veículo) para cada modal de transporte e, assim, verificar as distribuições. Muitas vezes, a distribuição de população entre os modais é dada por uma curva logística de frações para melhor visualização da situação. (NOVAES, 1986, Pag. 46)

- **Alocação dos fluxos**

Esta etapa é referente à caracterização das redes viárias usadas pelos automóveis, rede de linhas do transporte público, trilhos do metrô e outros. Para o modelo de alocação é importante observar os tempos de deslocamento para cada caminho alternativo e a capacidade das ligações (NOVAES, 1986, Pag. 52). Usualmente, procura-se escolher o caminho com menor tempo de percurso e menor custo generalizado.

Neste TF o método de alocação dos fluxos foi feito por meio de um algoritmo de menor caminho entre dois pontos, tais como se utilizam os planejadores de rotas multimodais, como o *GoogleMaps*. Neste TF utilizou-se o planejador de rotas multimodal de código aberto *Open Trip Planner*, que será apresentado a seguir.

2.4. *Open Trip Planner*

O *Open Trip Planner* (OTP) é uma família de programas de código aberto que cria uma rede de transportes para fazer análises e prover informações aos usuários. O planejador de rotas multi-modal é executado em uma Máquina Virtual Java. O código do programa está em desenvolvimento com experimentações em diversos lugares do mundo. Países como a Finlândia e a Noruega, além de diversos estados dos Estados Unidos da América, utilizam o OTP para prover os itinerários dos transportes públicos. A documentação do programa é encontrada no site do projeto <http://www.opentripplanner.org>.

Como o objetivo principal do trabalho consiste em comparar as redes de transporte atual e a rede futura do edital de referência, a alocação da demanda de viagens ao campus Cidade Universitária da USP pelo *Open Trip Planner* consiste na alternativa de avaliar cenários de maneira simplificada, de forma a entender a distribuição dos usuários da CUASO nas linhas da rede.

O OTP cria a sua rede de transportes a partir dos dados disponíveis do *Open Street Map* (OSM) por meio de um arquivo “.PBF”, em uma determinada região de interesse, e de um feed com a Especificação Geral de Feeds de Transporte Público (GTFS). Portanto, a acurácia do planejador está associada também à qualidade dos dados disponibilizados sobre a rede de transporte pela empresa gestora do sistema e pelo nível de detalhe disponível pelo *Open Street Map*.

Através da requisição ao roteirizador é possível configurar parâmetros da rede como os modos de transporte desejados, data e hora da viagem, máxima distância a pé permitida e possíveis restrições de caminhos ou penalidades. Para o presente estudo, utilizou-se um *script* em *Python* para fazer a requisição ao servidor de rotas e armazenar os resultados.

O problema resolvido pelo roteirizador é conhecido como o problema do caminho mínimo, que em uma rede de transporte representa o caminho com o menor custo, expresso pelo tempo gasto, entre dois nós da rede. Este problema foi resolvido primeiramente em 1956, através do algoritmo de Dijkstra para apenas um par de origem e destino.

Para modelar uma rede multi-modal de transportes, incluindo o transporte público, além da relação espacial de distância entre os nós tem que se lidar com a

programação horária dos serviços e as transferências entre os modos. Trata-se de um problema do tipo *time-dependent point-to-point shortest paths* (TDPPSP), em que se computa o menor caminho entre uma fonte “f” e um destino “d”, respeitando uma função de distância que depende do tempo (DELLING, 2009). A Figura 5 representa uma rede em que os tempos de viagem são dependentes do tempo, como no caso deste TF.

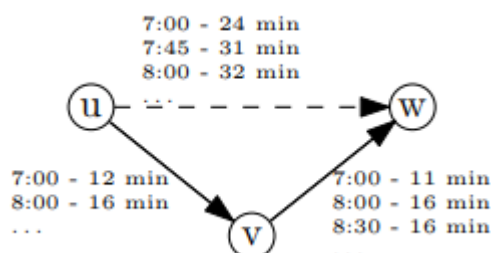


Figura 5 - Rede de transportes dependente do tempo

No caso do OTP, realiza-se uma otimização generalizada de custo baseada em uma única variável: o tempo. Diferentemente de planejadores mais robustos, que baseiam a escolha do menor caminho considerando critérios como o tempo e o número de transferência, no OTP o custo de transferência entre um serviço e outro é apenas a diferença do tempo para a partida de um nó e o tempo previsto de chegada no nó (BAST, 2009). Além disso, o simulador não leva em conta o limite de capacidade de cada ônibus, criando alternativas aos usuários caso a linha esteja sobrecarregada. Isso acontece pois o *input* do OTP não inclui a demanda do par origem-destino simulado.

3. OBJETO DE ESTUDO

3.1. Propostas do edital sobre a Cidade Universitária

O transporte público da cidade de São Paulo possui atualmente 1339 linhas de ônibus municipais e outras diversas intermunicipais que fazem a ligação entre os municípios do estado e a capital. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017). Além disso, a cidade conta com 13 linhas de veículos sobre trilhos, sendo 6 de metrô e 7 de trens, com representação em cores mostrada na Figura 6.



Figura 6 - Disponibilização das linhas de trilhos na região metropolitana de São Paulo. (CPTM, 2017)

Com o intuito de melhorar a malha de transporte público existente, a prefeitura de São Paulo e o Governo do Estado buscaram ampliar o sistema (construção de novas linhas, como a Linha 6 - Laranja do metrô, e a abertura de novas estações, como a recém-aberta – em 4 de abril de 2018 - Oscar Freire, da Linha 4 – Amarela) e fazer manutenções para melhorar o nível de serviço.

Um exemplo de tentativa de melhora é o processo de licitação de todo o sistema de transporte público por ônibus através do edital lançado pela SPTrans, nomeado como “Especificação do Sistema Integrado de Transporte Coletivo”, que foi colocado para consulta pública em 21 de dezembro de 2017. A partir dele pôde-se ter acesso à nova rede de referência do transporte coletivo da cidade de São Paulo e, assim, entender a oferta que se alcançará, gradativamente, a partir de janeiro de 2019. As mudanças serão implantadas em até três anos, após a assinatura dos contratos e haverá consulta aberta à comunidade com o intuito de obter *feedbacks* de comportamentos e levantamento de dados referentes à superlotação de trechos não esperados.

De modo geral a proposta prevê redução de 11% nas linhas de ônibus existentes, porém, pretende trazer melhorias à toda rede de transporte público da cidade através da troncalização de linhas nos principais corredores e aumento da capacidade de linhas que permanecerão ativas. A troncalização propõe que o usuário originado de bairros periféricos deve se deslocar até um dos eixos de transporte da cidade, terminais ou pontos de transferência, para poder viajar longas distâncias. Porém, quando no eixo, este transporte acontecerá de forma rápida e eficiente.

Das linhas mencionadas no novo edital, 732 são diurnas e foram mantidas como anteriormente, 150 são noturnas e também não tiveram alteração, 267 sofrerão mudança no itinerário, seja pelo seccionamento ou integração com novas linhas, e 190 serão removidas da rede atual de transporte público ofertada. Para completar o sistema, 44 novas linhas serão criadas, de modo que não haja sobreposição de itinerários e concorrência desnecessária.

O edital ainda prevê a inserção de veículos de maior capacidade no sistema, aumentando o número de lugares disponíveis. O total de coletivos deve cair dos atuais 13.603 para 12.667, mas a oferta de lugares deve subir em 100 mil assentos, ou seja, de 1 milhão para 1,1 milhão. A cobertura da rede de transporte também subirá de 4.680 para 5.100 quilômetros. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017)

corredor da Av. Inajar de Souza e priorização de linhas com destino local e regional, além de terminais e locais de integração.

- **Região Leste**

A região Leste, sendo um grande ponto de origem de demanda, possui muitos meios de integração com a parte central da cidade de São Paulo: a Linha 3 – Vermelha do Metrô, Linha 11 – Expresso Leste e a Linha 12 – Safira, além de terminais de ônibus, como o Terminal Penha, São Miguel Paulista e Estação Itaquera.

Para o sistema de troncalização proposto ainda foi considerada como área de integração o bairro do Itaim Paulista e outros terminais de suporte, como o Carrão, Vila Formosa e Vila Prudente.

- **Região Sul**

Esta região pode ser dividida em três sub-regiões importantes para a divisão do transporte público em São Paulo: Ipiranga, com integração com a Linha 1 – Azul do Metrô e os Terminais Sacomã, Pedreira/Jd. Miriam e Interlagos, com boa infraestrutura de transporte coletivo e ligação à zona da Berrini e Santo Amaro.

- **Região Oeste**

Esta região, para efeito do relatório aqui apresentado, se mostra a mais importante a ser analisada, uma vez que, em sua composição, abriga a Cidade Universitária. A mesma pode ser estruturada em duas sub-regiões: sudoeste e oeste.

A sub-região sudoeste apresenta os setores do Jardim Ângela e Guarapiranga, que apresentam seus próprios terminais de ônibus, associados aos corredores exclusivos ao longo das Avenidas M'Boi Mirim e Guarapiranga.

A sub-região oeste não apresenta grande infraestrutura de integração para ônibus. Apenas a Avenida Francisco Morato apresenta corredor exclusivo, o que dificulta a priorização deste modo de transporte ao longo da região. Dentre os setores da sub-região, apenas o do Butantã possui integração com o transporte sobre trilhos, devido à estação de mesmo nome da Linha 4 – Amarela do Metrô, onde há concentração da demanda de usuários que chegam à Cidade Universitária, principalmente nas duas Linhas Circulares, que fazem percursos diferentes ao longo das ruas e avenidas da Universidade.

- **Região Central**

Por último, a Região Central também sofrerá consequências devido à troncalização das linhas. Esta Região foi priorizada pela SPTrans pois apresenta a maior atração de viagens, sendo a única que tem o número de viagens atraídas maior do que o de viagens produzidas, dentre todas as outras citadas, uma vez que engloba a Avenida Paulista e outros bairros com grande incidência de empresas.

Como ressaltado ao se caracterizar a Região Oeste, o objeto de estudo deste relatório traz como foco o sistema de transporte público da CUASO, sua demanda e os impactos devido às alterações propostas pelo edital.

Atualmente, existem duas principais alternativas de se chegar à Cidade Universitária usando transporte público: pelas duas linhas de ônibus circulares ou pelas linhas que vêm de diferentes bairros diretamente para a universidade. O primeiro é destinado aos usuários que vêm do metrô e chegam à Estação Butantã, terminal da Linha 4 – Amarela. As linhas circulares 1 e 2 passam por todas as principais vias da USP e vale ressaltar que estas linhas não sofrerão mudanças de itinerário pelo novo edital, porém, terão frequências ajustadas. As frequências, headways, frota e traçado das linhas circulares são apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 8 e 9.:

Tabela 2 – Frequência, headway e frota das linhas circulares.

Fonte: SPTrans

	Circular 1 (8012)	Circular 2 (8022)
Frequência (veh/hora)	9	10
Headway (segundos)	360	480
Frota (veh)	9	9

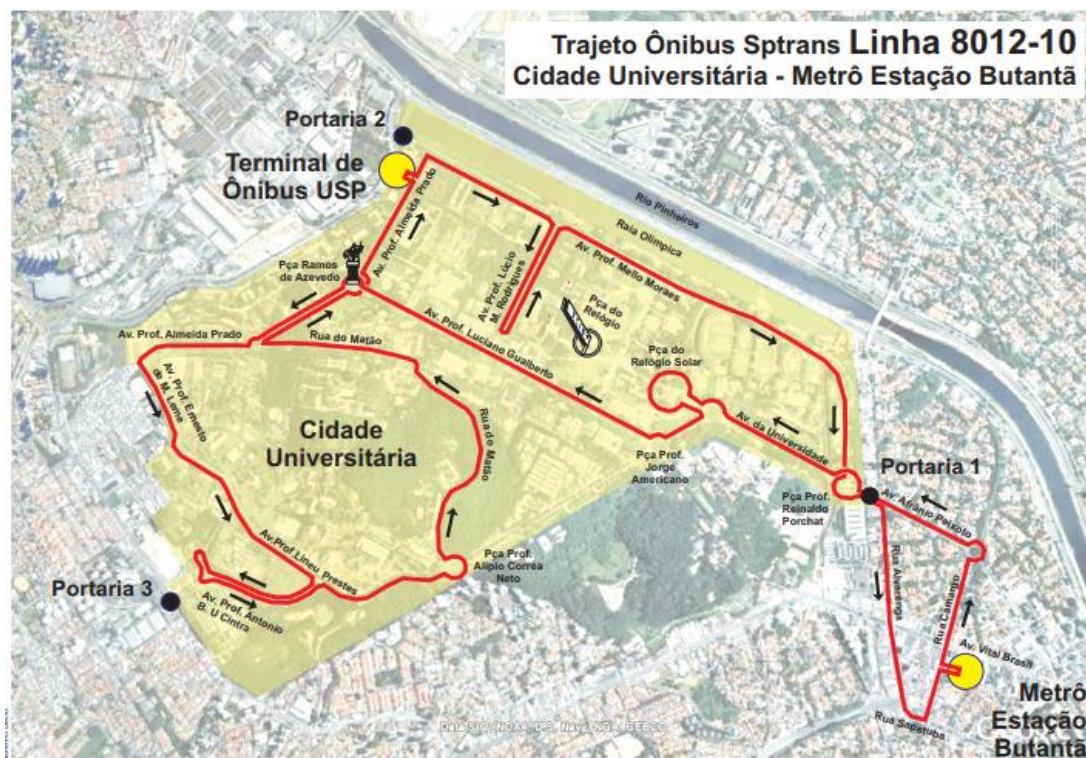


Figura 8 – Trajeto da linha Circular 1.

Fonte: Coordenadoria do Campus da capital

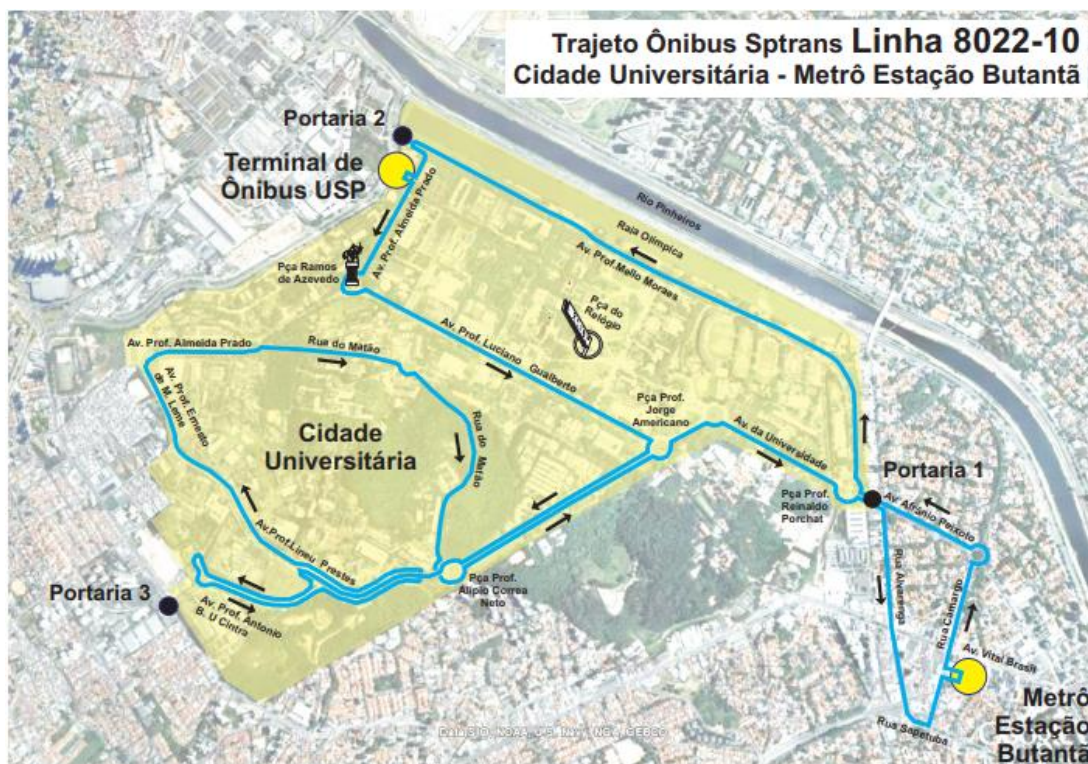


Figura 9 – Trajeto da linha Circular 2.

Fonte: Coordenadoria do Campus da capital

A segunda alternativa, por sua vez, receberá mudanças de rotas devido ao edital com impactos diretos aos usuários. As linhas de ônibus que servem a Cidade Universitária e não se enquadram como Circulares do metrô Butantã têm, em sua maioria, itinerários que cruzam a cidade de São Paulo – ou uma de suas 5 regiões, fator que faz com que seus tempos de ciclo dependam da situação do tráfego na faixa horária. Como exemplo pode-se citar a linha 177H-10 com percurso Metrô Santana (Zona Norte) - Cidade Universitária, cujo tempo entre terminais gira em torno de duas horas com grande flutuação em horários de pico, motivo pelo qual muitos usuários preferem utilizar uma opção de trajeto com mais baldeações e usar o transporte sobre trilhos. Na configuração atual da rede, 9 linhas passam pela Cidade Universitária. Elas terão itinerários e características operacionais alterados conforme explicado abaixo (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017):

- Uma linha será extinta:
 - 701U-10 – “METRÔ SANTANA - CID. UNIVERSITÁRIA”:
Esta linha sofrerá uma alteração drástica no itinerário. Uma nova linha, que será nomeada como “METRÔ SANTANA - PQ. DO POVO”, seguirá outro itinerário e não se direcionará mais à USP.
- Duas terão itinerários que não atenderão mais o campus, servindo apenas até o Terminal Pinheiros.
 - 177H-10: Passará de “METRÔ SANTANA - CID. UNIVERSITÁRIA” para “METRÔ SANTANA - TERM. PINHEIROS”.
 - 702U-10: Passará de “TERM. PQ. D. PEDRO II - CID. UNIVERSITÁRIA” para “TERM. PQ. D. PEDRO II - TERM. PINHEIROS”
- Três terão itinerários encurtados, mas ainda atenderão a CUASO:
 - 809U-10: Passará de “CID. UNIVERSITÁRIA - METRÔ BARRA FUNDA” para “CID. UNIVERSITÁRIA - METRÔ VL. MADALENA”.
 - 7181-10: Passará de “CID. UNIVERSITÁRIA - TERM. PRINC. ISABEL” para “TERM. PQ. D. PEDRO II - CID. UNIVERSITÁRIA”, ou seja, terá ponto inicial alterado.
 - 7725-10: Passará de “RIO PEQUENO - TERM. LAPA” para “RIO PEQUENO - TERM. PINHEIROS”, ou seja, não servirá mais o bairro da Lapa.

- Outras três serão mantidas
 - 7411-10 – “CID. UNIVERSITÁRIA - PÇA. DA SÉ
 - Circular 1 - 8012-10 - METRÔ BUTANTÃ - CIDADE UNIVERSITÁRIA
 - Circular 2 - 8022-10 - METRÔ BUTANTÃ - CIDADE UNIVERSITÁRIA

Na Figura 10 - Comparação entre rede atual e rede proposta, onde pode-se observar um panorama geral das linhas que atuarão até o fim de 2018 (em vermelho) e das linhas que terão funcionamento a partir de 2019 (em verde). Pela superposição, é possível observar áreas antes atendidas que não apresentarão mais opções de acesso direto à USP. Os circulares e as linhas 930P e 908T não foram incluídas para facilitar a visualização.

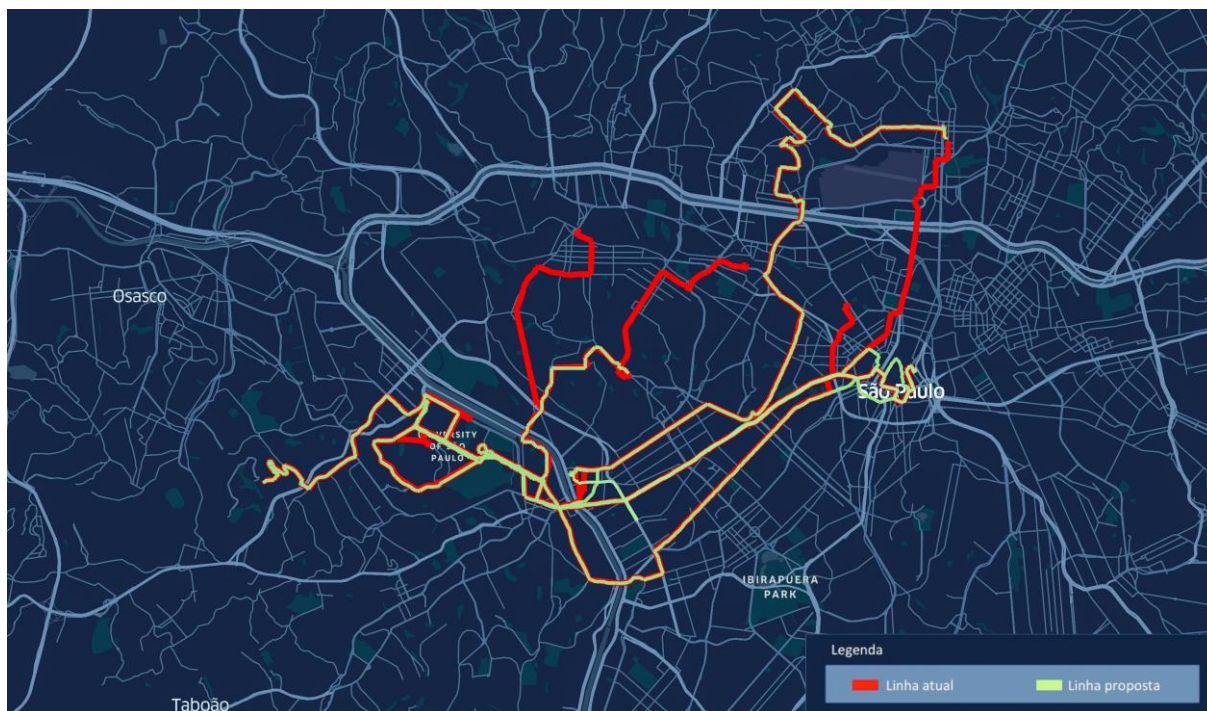


Figura 10 - Comparação entre rede atual e rede proposta

Vale ressaltar que duas linhas que servem os arredores da Cidade Universitária, a 930P-10 – “TERM. PQ. D. PEDRO II - TERM. PINHEIROS” e a 908T-10 – “TERM. PQ. D. PEDRO II – BUTANTÃ” deixarão de existir e terão serviço fornecido pela nova linha substituta da antiga 7181-10.

Em resumo, a Tabela 3 traz a comparação das linhas atuais de 2018 com as linhas propostas.

Tabela 3 - Comparação entre rede atual e rede proposta

Situação	Rede atual		Rede proposta	
	Cód.	Nome	Cód.	Nome
Extinta	701U-10	Metrô Santana - CUASO		-
Encurtada	702U-10	Term. Pq. D. Pedro II - CUASO	3.00.15	Term. Pq. D. Pedro II - Term. Pinheiros
	177H-10	Metrô Santana - CUASO	6.00.48	Metrô Santana - Term. Pinheiros
Alterada	930P-10	Term. Pq. D. Pedro II - Term. Pinheiros	3.08.25	Term. Pq. D. Pedro II - CUASO
	908T-10	Term. Pq. D. Pedro II - Butantã		
	7181-10	Term. Princesa Isabel - CUASO		
	809U-10	Metrô Barra Funda - CUASO	3.00.28	Metrô Vila Madalena - CUASO
	7725-10	Rio Pequeno - Term. Lapa	4.20.17	Rio Pequeno - Term. Pinheiros
Mantida	7411-10	Praça da Sé - CUASO	6.00.24	Praça da Sé - CUASO
	8012-10	Circular 1	4.20.14	Circular 1
	8022-10	Circular 2	4.20.15	Circular 2

3.2. Estimativa de bilhetagem (2017)

A análise de bilhetagem das linhas de ônibus de São Paulo foi uma estimativa dos pontos de embarque e desembarque de cada usuário do transporte público ao longo do período de tempo analisado. Para que o método se mostrasse eficiente, foi necessário o desenvolvimento de um algoritmo pela SPTrans que pudesse relacionar dados dos cartões dos usuários ao longo do dia com as localizações de suas transações. A ideia é atribuir um local estimado ao embarque e desembarque dos passageiros em cada transação realizada. Primeiramente, através da localização de GPS (*Global Positioning System*) dos ônibus e conseqüentemente dos usuários, quando estes passaram seus bilhetes nas catracas, foi possível obter os locais de embarque nas linhas. Os locais do desembarque foram atribuídos pela localização estimada do embarque da próxima transação, caso este usuário estivesse continuando sua viagem por alguma baldeação, ou pela localização estimada da primeira transação do dia seguinte, caso o usuário tivesse terminado sua viagem. O método é mostrado na Figura 11. Para atribuir o local exato de desembarque, o algoritmo buscava o ponto de parada mais próximo da linha usada anteriormente à transação seguinte, fosse no mesmo dia ou no dia posterior. Assim, foi possível estimar seus pontos de subida e descida. Esta estimativa foi feita para todos os usuários do transporte público de todas as linhas de São Paulo, nos dois sentidos, criando um grande banco de dados. (ARBEX, TORRES, 2017).

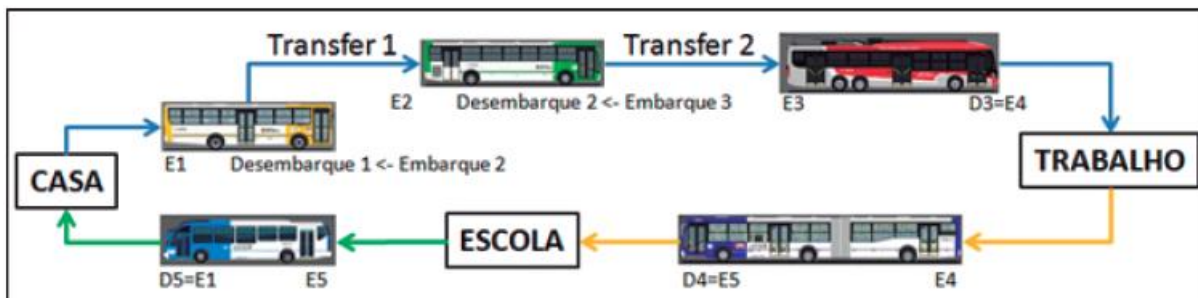


Figura 11 - Método de determinação do local de desembarque

Fonte: Arbex, R. Variabilidade da demanda e da oferta do transporte coletivo.

Brasilengenharia.com

4. METODOLOGIA

A metodologia seguida neste trabalho é caracterizada por quatro passos que derivam do método científico tradicional. Esses passos serão fundamentais para manter a organização das ideias, trazer uma análise mais clara e para garantir um resultado com maior embasamento e mais confiável.

Buscou-se inicialmente identificar a situação atual das linhas diretas do transporte público da cidade de São Paulo que entram na USP e qual seria o cenário com as mudanças propostas pelo novo edital da SPTrans para o transporte público na cidade. Em um segundo momento foram levantados dados de pesquisas de mobilidade e de bilhetagem da SPTrans. Com a análise destes dados foi possível caracterizar a situação atual identificada anteriormente e definir a demanda de transporte público pelos alunos, funcionários e professores da USP.

Em seguida foram realizadas novas análises e a simulação do cenário proposto no edital através de uma alocação simplificada com scripts e softwares que serão detalhados posteriormente. Com a análise desses dados foi possível comparar os dois cenários e observar os impactos do edital no público que utiliza o transporte público para se locomover até a Cidade Universitária.

Por fim foi criado e analisado um novo cenário com propostas de mudança. Esse novo cenário tem como objetivo propor melhorias factíveis para serem implementadas em conjunto com as já propostas no edital. Os resultados obtidos foram comparados com os dois anteriores em questão de tempo de deslocamento, custo generalizado, número de transferências e ocupação das linhas para se obter dados para auxiliar na tomada de decisão.

5. ANÁLISE

5.1. Caracterização das linhas e análise da bilhetagem

Partindo-se da análise do banco de dados derivado da estimativa de bilhetagem, citado em 0, os resultados foram filtrados apenas no período da manhã (entre 5h e 8h59) do dia 03 de outubro de 2017, uma terça-feira usual. Este dia foi escolhido de acordo com a análise no item referente aos resultados da Pesquisa de Mobilidade, onde é demonstrado que nas terças-feiras há ocorrência de maior fluxo de usuários com destino à USP. Assim, pelos dados de bilhetagem, para cada linha que serve a CUASO, é possível detalhá-las separadamente e entender como se comporta a ocupação dos ônibus em cada trecho e como os embarques e desembarques ao longo do itinerário estão distribuídos. Também, a partir do método descrito no item 5.2, pôde-se obter o fator hora pico usado (33%) para o tratamento dos dados. Este fator foi escolhido de modo a simplificar a análise, uma vez que é sabido que cada linha poderia ter seu fator calculado, porém, os dados foram disponibilizados para o período da manhã como um todo, e não hora a hora.

Em paralelo com a apresentação dos resultados obtidos com a análise dos dados de bilhetagem, dados de caracterização das linhas na situação atual e futura serão mostrados, como os itinerários, veículos operantes, frequência e capacidade. O objetivo é trazer o entendimento completo das mudanças. Para isso, a Tabela 4 traz a capacidade individual de cada veículo usado no edital, de modo que seja possível o cálculo da capacidade total de cada linha na hora pico. Além disso, vale mencionar que os dados de frequência das linhas em operação em 2018 foram disponibilizados pela SPTrans. Entre as colunas presentes na Tabela 4, é possível observar diversas informações, como as capacidades de referência (Re) e máximas (Má) em cada tipo de veículo em dias úteis (DU), sábados (SB) e domingos (DG), nos períodos da manhã (PM), do almoço (PA) e da tarde (PT).

Tabela 4 - Capacidade individual de cada veículo - Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017

Veículo	Área em pé	Lugares sentado	Taxa de Conforto (pass. em pé / m ²)						Capacidade					
			DU (PM/PA/PT) SB		Fora Pico DU e SB (Tarde)		D G		DU (PM/PA/PT) SB		Fora Pico DU e SB (Tarde)		D G	
			Re	Má	Re	Má	Re	Má	Re	Má	Re	Má	Re	Má
Miniônibus	3,4	20	4	4	4	5	3	3	35	35	35	37	30	30
Midiônibus (9,6m)	4,9	25	5	6	4	5	3	3	50	54	45	50	40	40
Midiônibus	6	33	6	6	4	5	3	3	69	69	57	63	51	51
Básico	6,5	35	6	6	4	5	3	3	74	74	61	68	55	55
Trolebus	8,9	32	6	6	4	5	3	3	85	85	68	77	59	59
Trolebus (15m)	10	38	6	6	4	5	3	3	98	98	78	88	68	68
Padron LE	8,9	32	6	6	4	5	3	3	85	85	68	77	59	59
Padron LE (15m)	10	38	6	6	4	5	3	3	98	98	78	88	68	68
Articulado LE	15,2	37	6	6	4	5	3	3	128	128	98	113	83	83
Articulado (21m)	20	34	6	6	4	5	3	3	154	154	114	134	94	94
Articulado (23m)	18,8	57	6	6	4	5	3	3	170	170	132	151	113	113
Biarticulado	25	47	6	6	4	5	3	3	197	197	147	172	122	122

Inicialmente, a análise manterá a ordem apresentada no item 3.1: serão apresentados detalhes de linhas extintas, encurtadas, alteradas e, finalmente, mantidas.

- 701U-10 - METRÔ SANTANA - CID. UNIVERSITÁRIA

Esta linha pode ser considerada extinta, pois sofrerá uma alteração drástica no itinerário. A linha nova e a antiga não se integram, já que uma passava no túnel norte/sul e outra irá ter seu trajeto pelo Viaduto do Chá. A nova linha será denominada como “METRÔ SANTANA - PQ. DO POVO”. A nova disposição fará com que os usuários antigos tenham que buscar um novo modo de transporte. O percurso atual está representado na Figura 12, em vermelho.

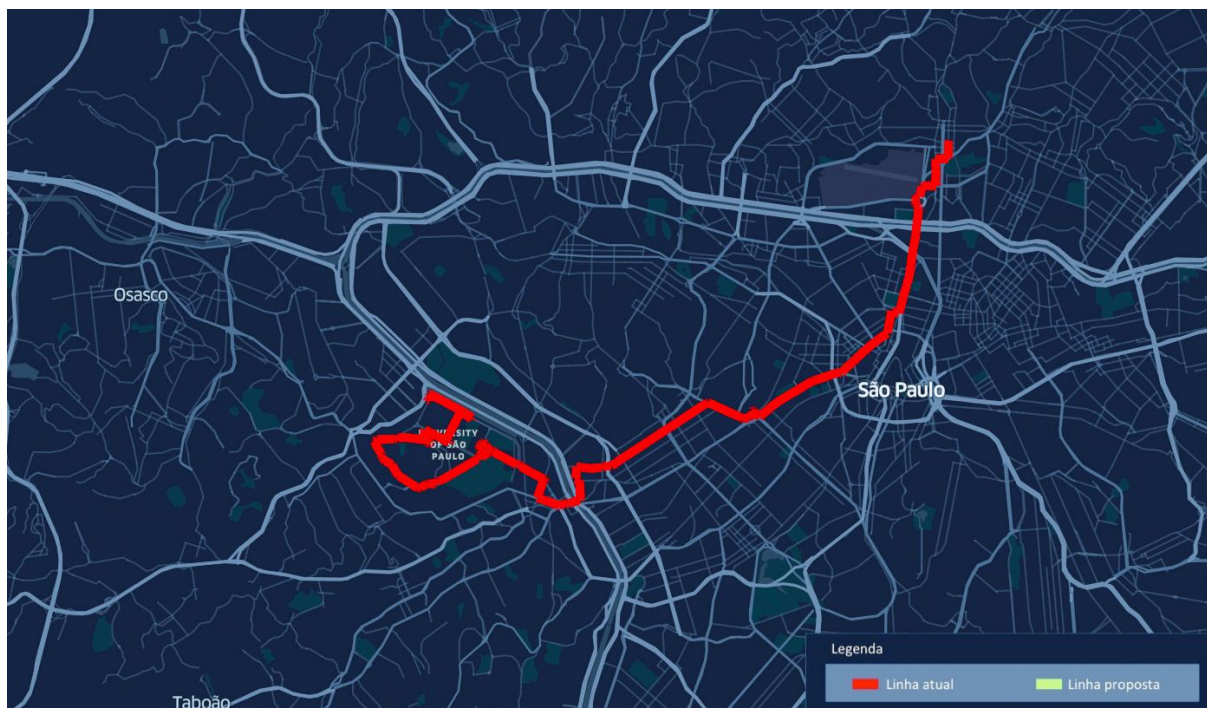


Figura 12 - Linha 701U-10: Trajeto antes do edital

Atualmente, esta linha é servida por ônibus articulados, de capacidade 128 passageiros e frequência de 6 saídas por hora, proporcionando uma capacidade de transporte de 768 passageiros na hora pico da manhã (HPM). A nova linha que será criada, com percurso diferente, manterá o mesmo modelo de ônibus, porém a frequência será aumentada para 21 saídas por hora.

Através da estimativa sobe e desce, foi possível encontrar a ocupação dos ônibus ao longo do percurso atual, representado na Figura 12. Além disso, através dos dados, pôde-se analisar quantitativamente os embarques e desembarques.

Ao todo, a linha transportou 1344 usuários na manhã analisada (em 03 de outubro de 2017). Um pouco mais da metade (68,51%) embarcam no ponto inicial e ao longo da Av. Santos Dumont, mostrando que muitos embarcam no ônibus principalmente ao longo da Zona Norte em direção ao Centro, já que há incidência de desembarques quando este atinge o Centro velho de São Paulo, na Av. São João e Praça da República. A ocorrência de desembarques continua acontecendo ao longo da região da Av. Paulista. Apenas quando a linha percorre a Rua Cardeal Arcoverde é que pode-se notar boa taxa de embarque, um total de 177 usuários. Dos embarques ao longo da Rua Cardeal Arcoverde, 102 (57,6%) terão desembarque no interior da USP.

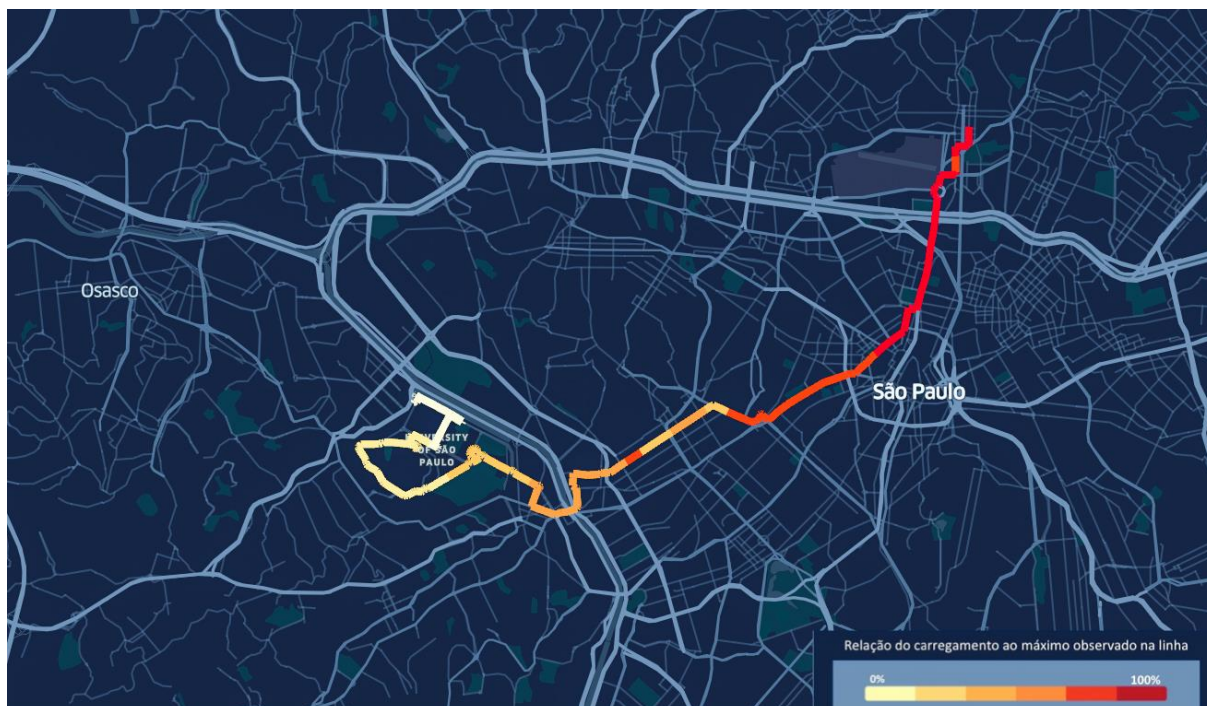


Figura 13 - Linha 701U-10: Carregamento

Da demanda total, contaram-se 218 (16,22%) usuários que embarcaram em algum ponto fora da USP e desembarcaram no interior da universidade, como mostrado na Figura 14 e no Gráfico 1. Como na análise anterior, há maior predominância de embarques para a USP após a Rua Cardeal Arcoverde, com 144 subidas (10,7% do total de usuários ou 66,1% dos que vão pra USP). Anteriormente à Rua Cardeal Arcoverde, a maior incidência de usuários que se destinam à Universidade acontece na Rua Caio Prado (11 pessoas, ou 5% dos usuários que vão pra USP) e no Terminal Santana (28, ou 12,8%). Nota-se, adicionalmente, que 56 (4,16%) embarques acontecem na própria universidade para locomoção interna, principalmente de usuários que saem do P1 e vão para a Copesp, Cocesp e P2.

O Gráfico 1 mostra o número de embarques de cada ponto da linha. As colunas em laranja representam os dados usados para se compor a Figura 16.

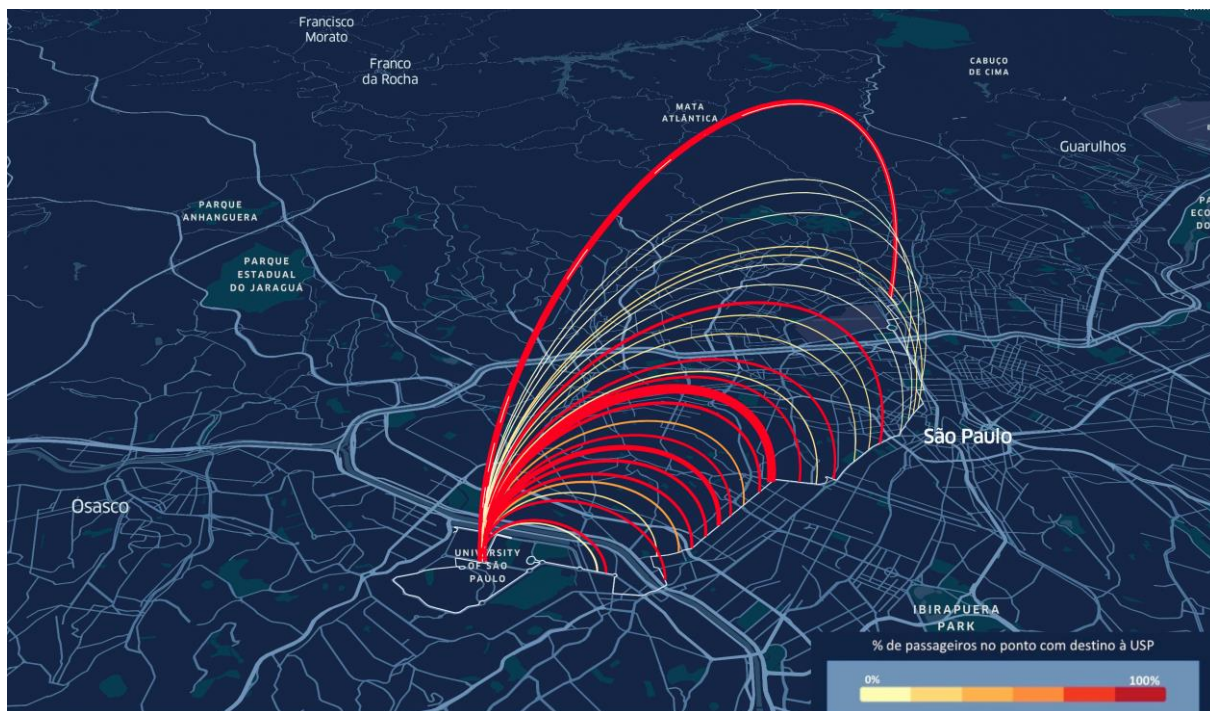


Figura 14 - Linha 701U-10: Viagens à USP

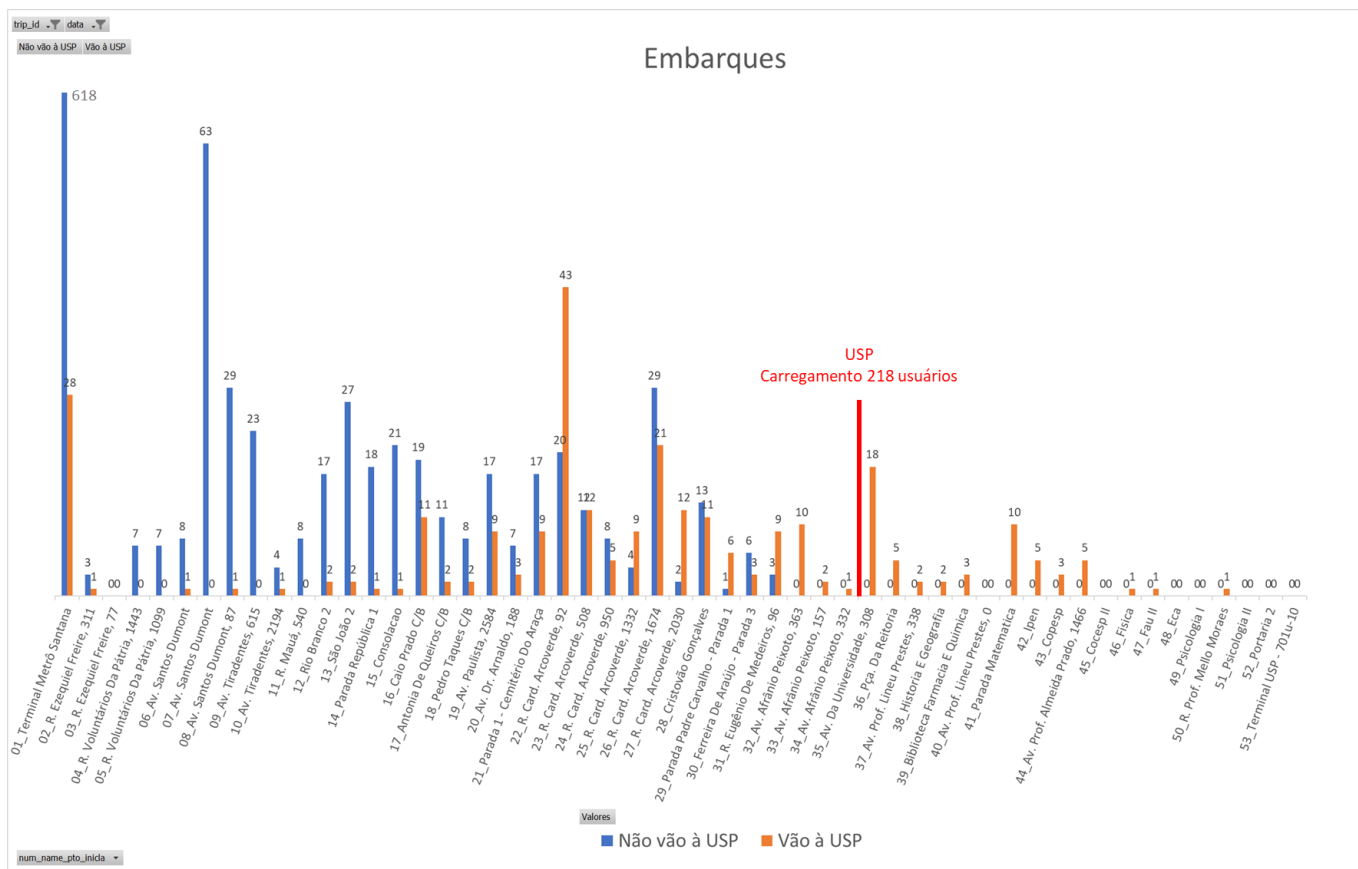


Gráfico 1 – 701U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- 702U-10 - CID. UNIVERSITÁRIA - TERM. PQ. D. PEDRO II

Esta linha será encurtada, não servindo mais à USP, e renomeada para “TERM. PINHEIROS - TERM. PQ. D. PEDRO II”. Atualmente (2018), esta linha tem trajeto que se inicia no Parque Dom Pedro II e vai até a Cidade Universitária, como representado em vermelho na Figura 15. O percurso após o edital está representado em verde.

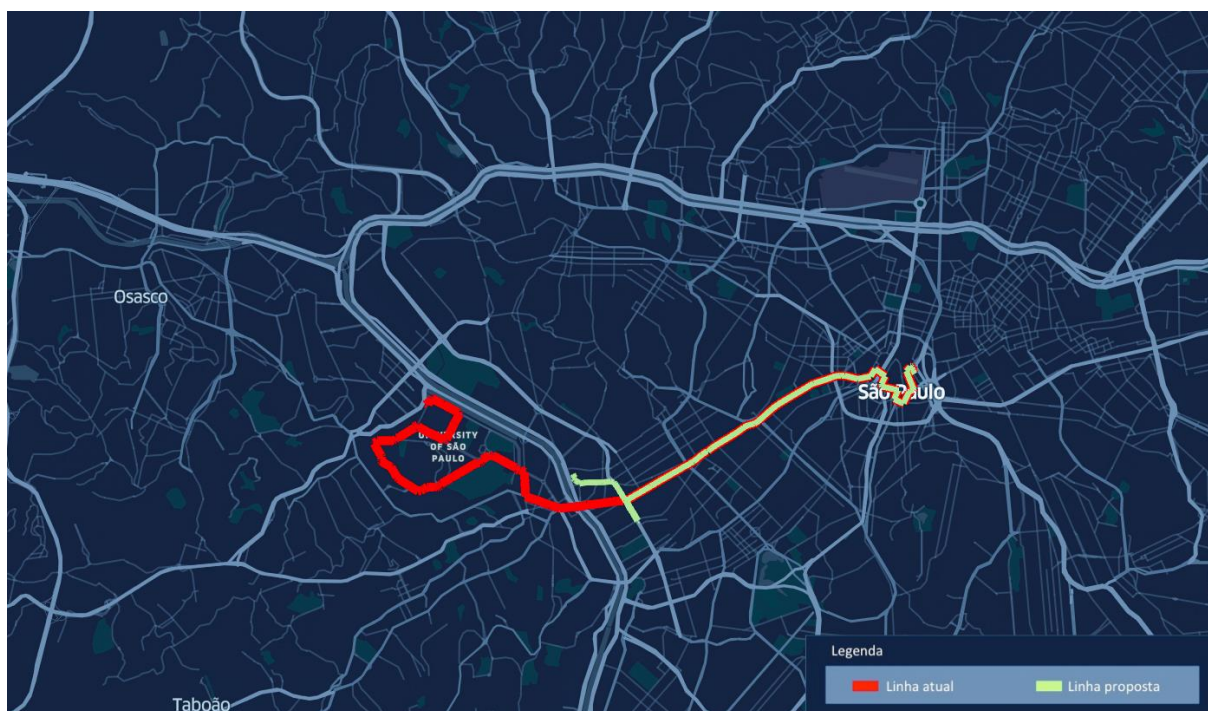


Figura 15 - Linha 702U-10: Trajeto antes e após o edital

A linha é operada pelo modelo de ônibus Padron LE, o que disponibiliza um total de 85 lugares para os passageiros, viajando sentados e em pé. Na hora-pico da manhã (HPM), esta conta com frequência de 6 partidas/hora, *headway* de 10min, fazendo a capacidade de transporte ficar próxima de 510 passageiros/hora. Após o edital, a linha será operada por ônibus articulado LE, com capacidade para 128 passageiros e sairá com frequência de 10 saídas por hora (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017). Assim, a capacidade total será de 1280 passageiros na hora pico.

Através da estimativa de sobe e desce, pôde-se representar a ocupação da atual linha, mostrada na Figura 15. No período analisado, 1631 pessoas embarcaram no percurso. No terminal Pq. Dom Pedro II há a subida de 718 usuários (44% do total), seguido do ponto Antônia de Queiroz, na Rua da Consolação, com embarque de 91 usuários (5,6%). A maior ocorrência de desembarques concentrados está na região

da Consolação e Avenida Paulista, onde pode-se observar que 378 pessoas (23,2%) desembarcam em apenas 5 pontos, de um total de 39 distribuídos no itinerário.

Uma vez que a capacidade atual é de 510 passageiros por hora, a operação se mostra suficiente, pela análise de bilhetagem, para suprir o ponto mais crítico do trecho, o ponto de ônibus Pedro Taques, próximo à Av. Paulista, com ocupação de 271 usuários (871 no período de 4 horas, com aplicação do fator hora-pico de 33%).

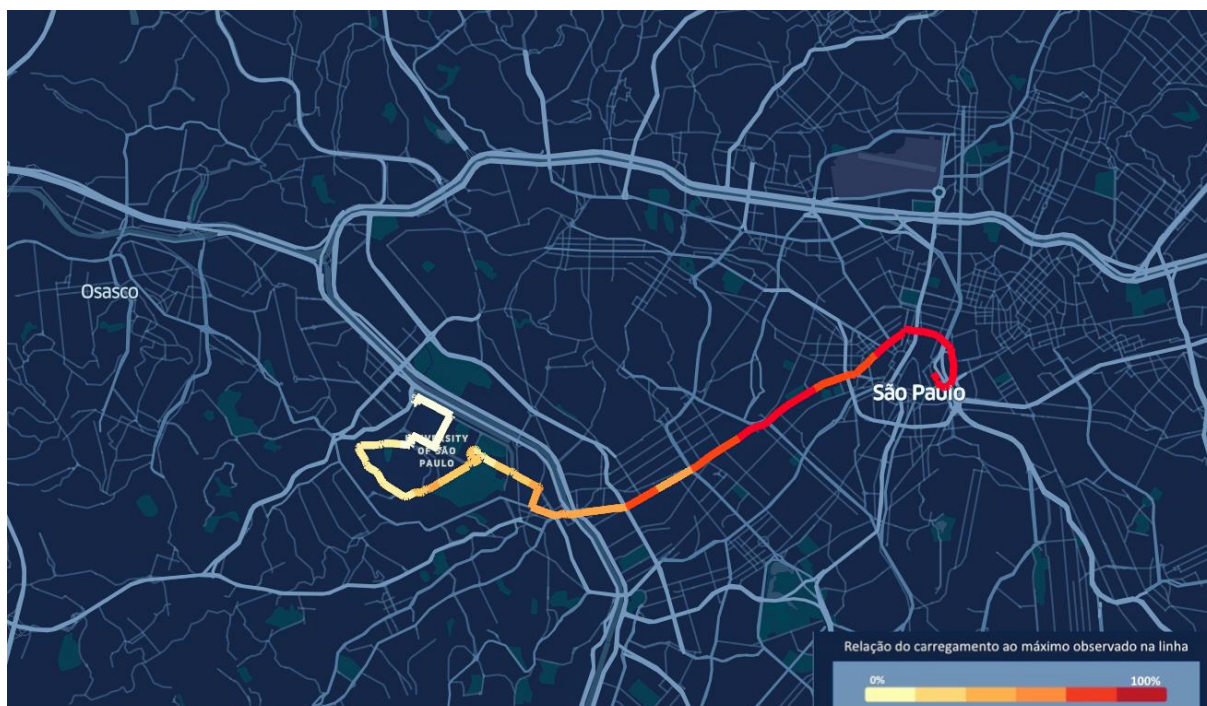


Figura 16 - Linha 702U-10: Carregamento

Do total de viagens, 392 (24%) foram realizadas de algum ponto fora da USP para o interior dela. A distribuição está representada na Figura 16 – Linha 702U-10 - Viagens à USP. Tomando como exemplo o ponto inicial, das 718 pessoas que embarcam, 74 (4,5%) têm como destino a CUASO. A maioria dos usuários “uspianos” sobe na Av. Paulista (37, ou 9,4% do total que vai para a USP), no ponto Cap. Antônio Rosa, na Av. Rebouças (43, ou 11%) e na Parada 1 do Shopping Eldorado (58, ou 14,8%). Com o corte desta linha até o Terminal Pinheiros, todos estes usuários deverão achar meios alternativos de se chegar à CUASO, possivelmente potencializando a demanda da Linha 4 – Amarela ou a nova Linha 7181-10 nomeada como TERM. PQ. D. PEDRO II - CID. UNIVERSITÁRIA. Além disso, nota-se um total de 107 (6,5%) embarques no interior da USP, mostrando o uso da linha para deslocamento interno à universidade.

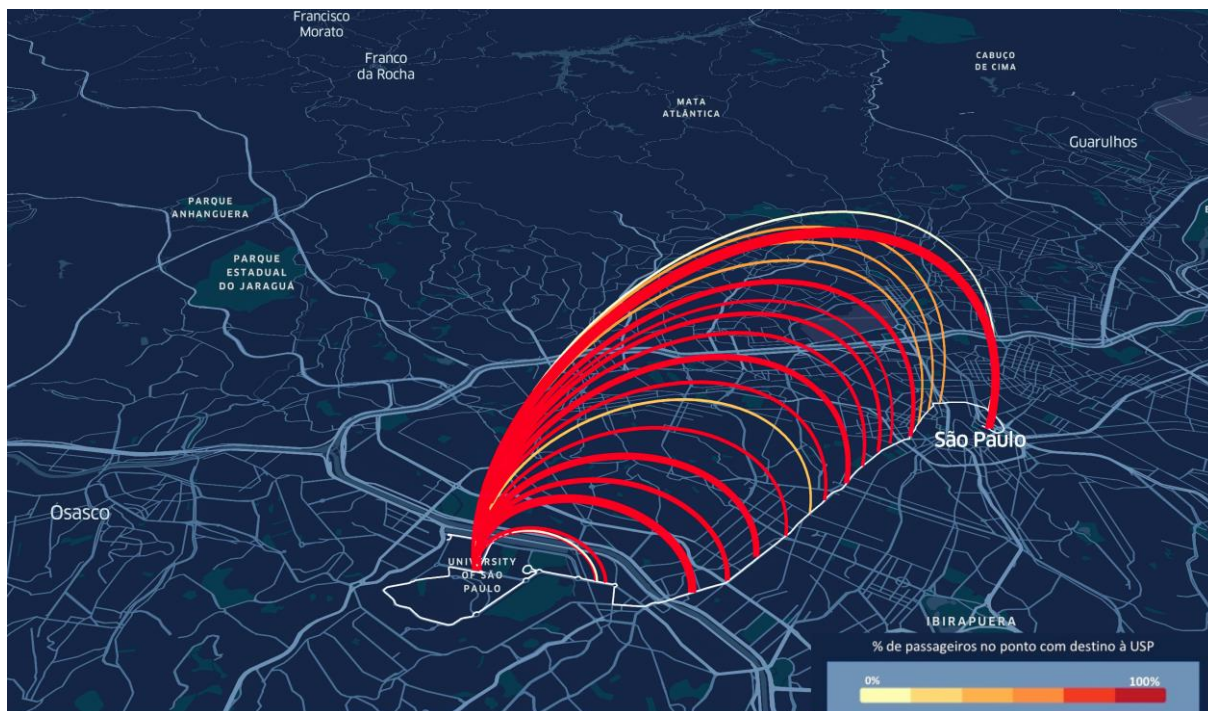


Figura 17 – Linha 702U-10 - Viagens à USP

O Gráfico 2 mostra o número de embarques de cada ponto da linha. As colunas em laranja representam os dados usados para se fazer a Figura 16.

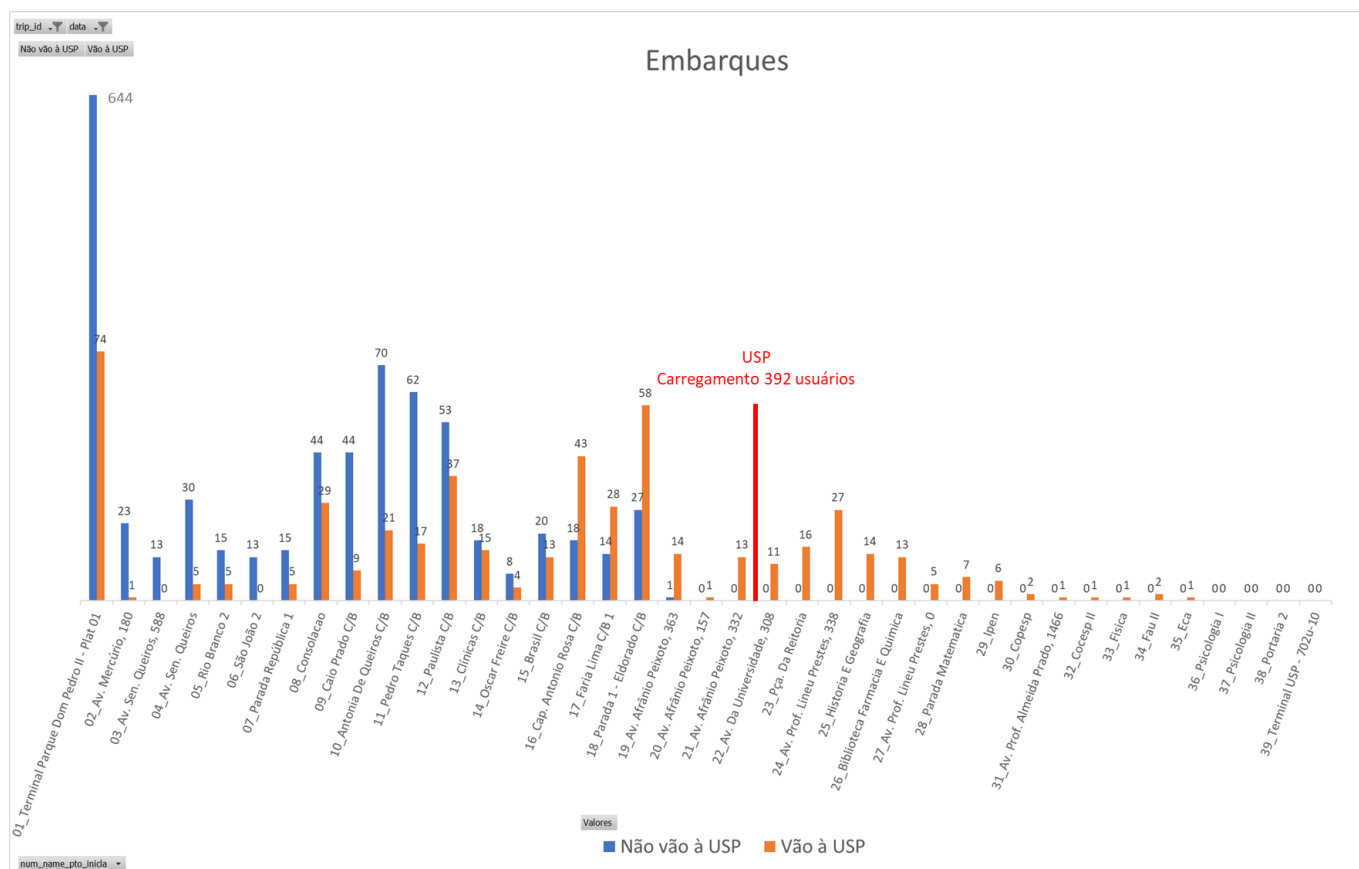


Gráfico 2 – 702U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- 177H-10 - METRÔ SANTANA - CID. UNIVERSITÁRIA

Esta linha será encurtada, renomeada como “METRÔ SANTANA - TERM. PINHEIROS” e terá ligação apenas até o Terminal Pinheiros, quando antes fazia grande percurso interno à Cidade Universitária. Os usuários da USP poderão ir até a estação Butantã do Metrô e usar o circular (duas trocas de modais extras) ou utilizar a linha RIO PEQUENO – TERM. PINHEIROS. O trajeto da linha atual, anterior ao edital, encontra-se na Figura 18, em vermelho e, após as mudanças, em verde.

Em termos de capacidade, a operação é feita pelo modelo de ônibus Padron LE (capacidade de 85 passageiros). Na HPM observa-se uma frequência de 4 partidas/hora, headway de 15min e, assim, capacidade de transporte próxima de 340 passageiros nesta hora. Após a implementação da proposta, esta linha manterá o modelo de ônibus, mas terá um *headway* de 11min (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017), ou seja, terá frequência de 5,5 e capacidade de 468 passageiros na hora-pico.

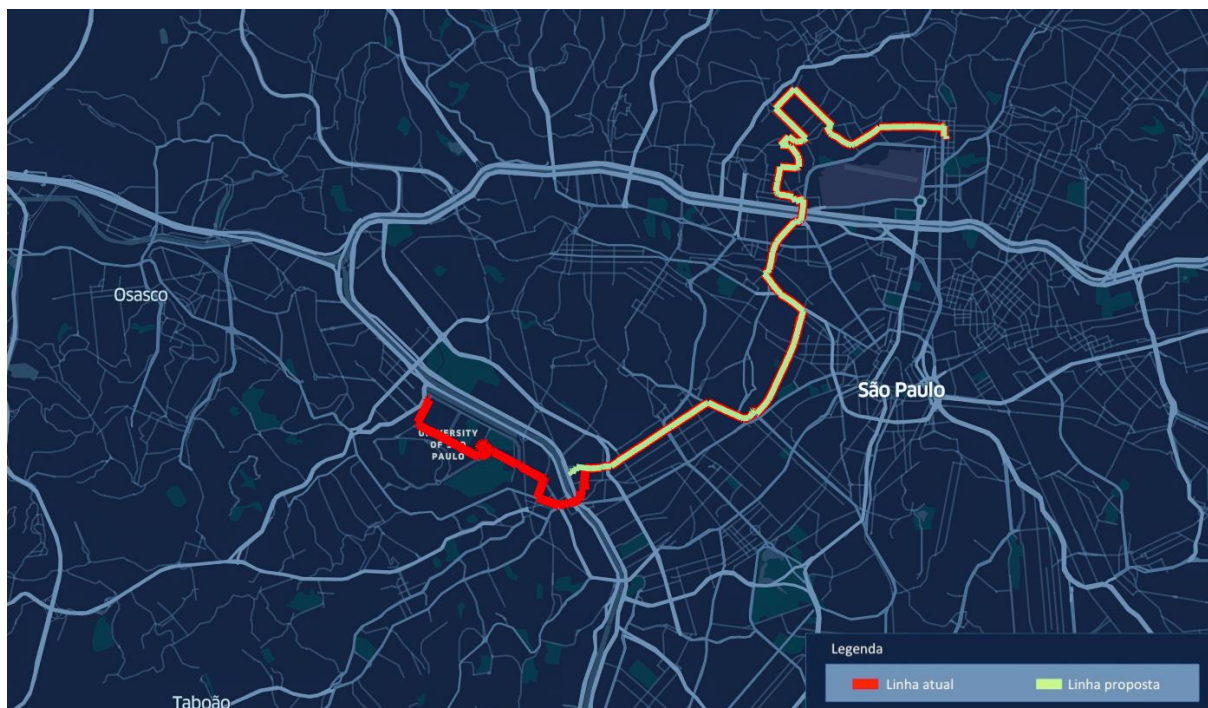


Figura 18 - Linha 177H-10: Trajeto antes e após o edital

A estimativa de bilhetagem permitiu a representação de carregamento da Figura 19 e visualizar que, no período da manhã analisado, houve um total de 1955 embarques ao longo da linha 177H-10 no sentido CUASO. Deste número, 379 embarques (19,4% do total) ocorreram no Terminal Santana e apenas 5 usuários (0,2%) percorreram todo o itinerário até chegar à USP. A maior tendência de desembarque ocorre ao longo do trecho em que o ônibus passa pela Av. Angélica, chegando à Av. Dr. Arnaldo, local de grande movimentação no centro de São Paulo. Em apenas 12 paradas (de um total de 78), houve o desembarque de 559 usuários (28,6%).

Atualmente e para análise apresentada, a capacidade de 340 passageiros por hora se mostra suficiente para abrigar a demanda no ponto mais carregado, na Praça Marechal Deodoro, onde a ocupação era de 209 pessoas na hora pico (633, no período de 4 horas, aplicando-se o fator hora-pico de 33%).

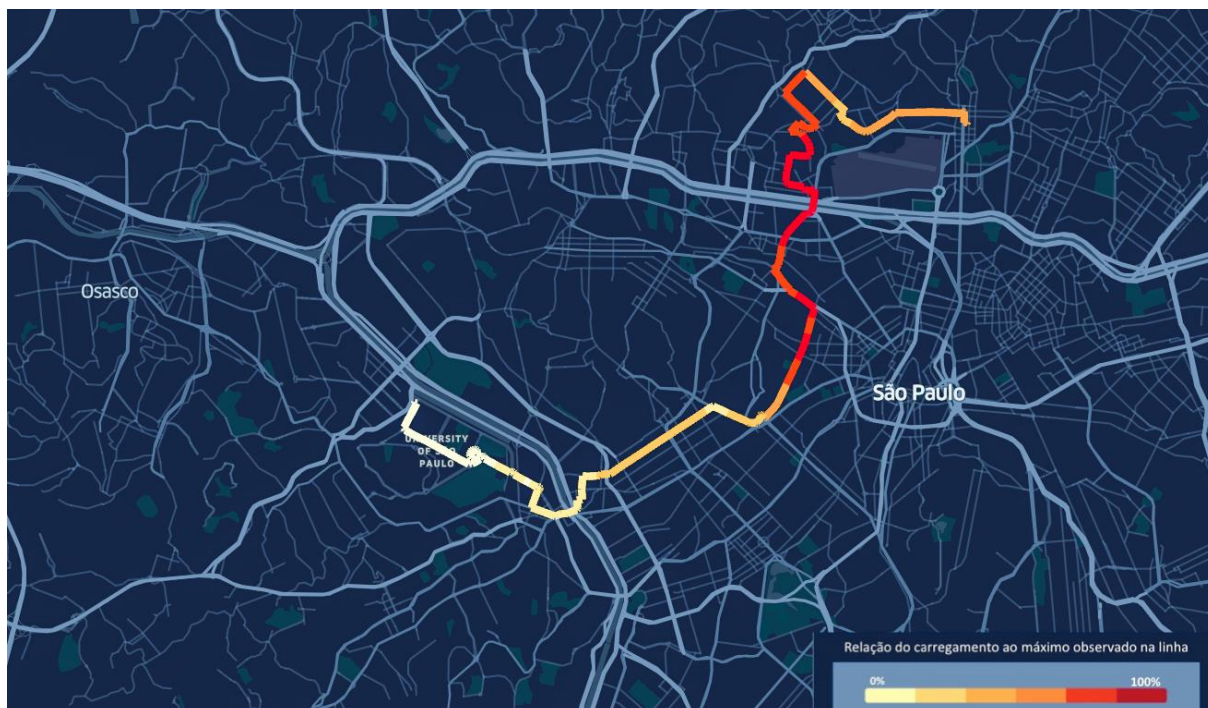


Figura 19 - Linha 177H-10: Carregamento

De modo geral, contabilizou-se 241 usuários (12,3%) que usam a linha para chegar à CUASO. Destes, 127 (6,5% do total ou 52,7% dos usuários que vão para a USP) embarcaram após o início da Rua Cardeal Arcoverde, depois do trecho da Av. Angélica citado. A distribuição encontra-se na Figura 19. Por fim, ainda é possível visualizar que alguns dos estudantes (45, ou 2,3%) usam a linha para deslocamento interno à USP. O maior fluxo se dá entre a FEA e o Terminal USP com 17 embarques (0,8%), onde os estudantes trocam de linha ou mesmo permanecem nesta para seu trajeto de volta para Santana.

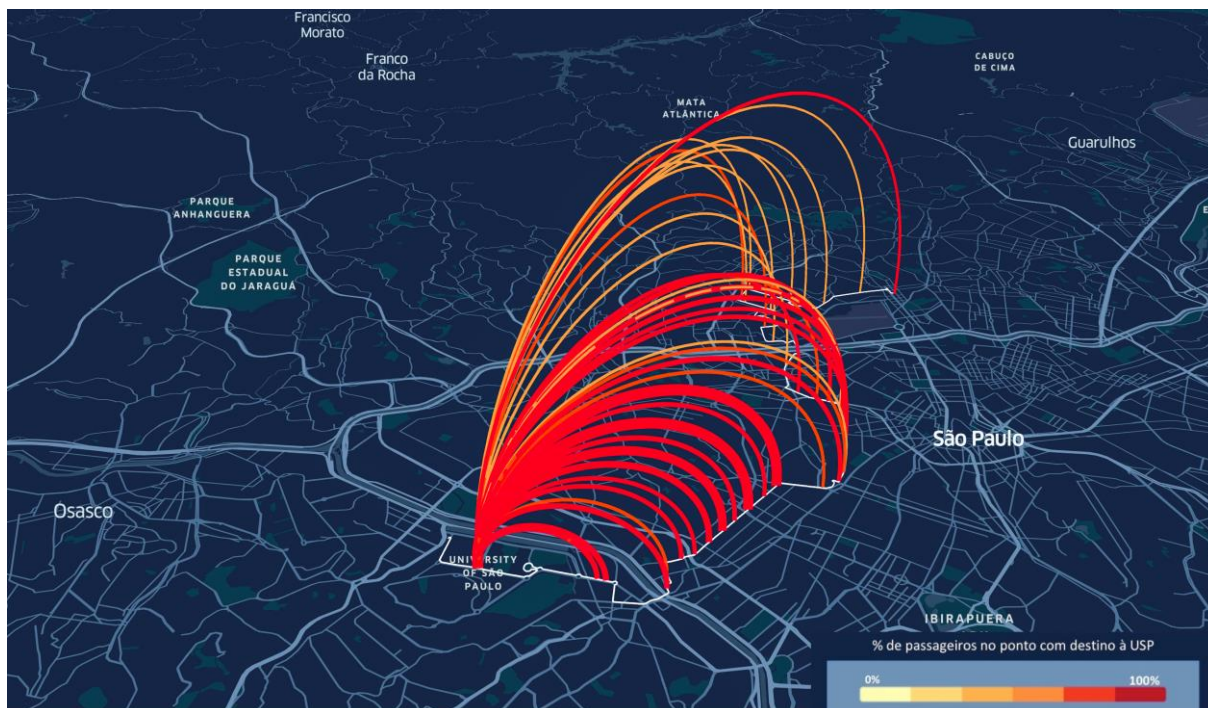


Figura 20 – Linha 177H-10: Viagens à USP

O Gráfico 3 representa, de outro modo, as viagens à USP. É possível visualizar a relação entre os usuários que embarcam com destino à USP e outros destinos em cada ponto do itinerário.

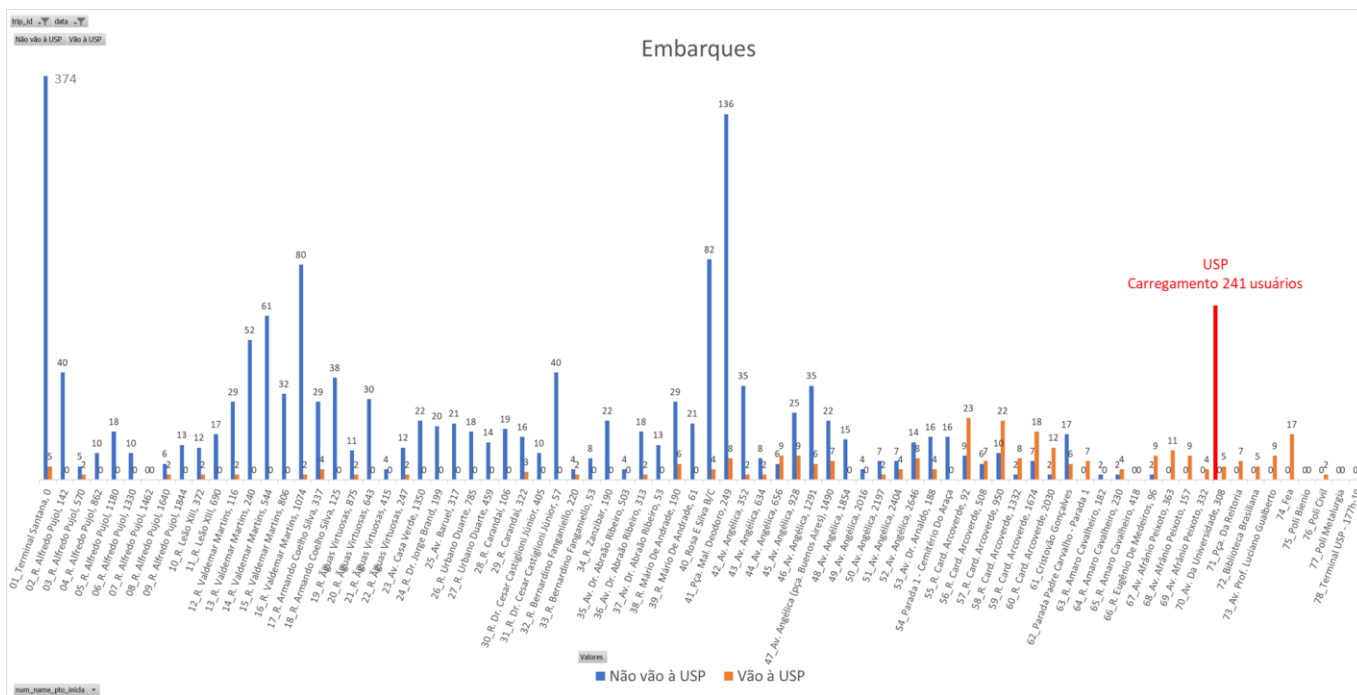


Gráfico 3 - 177H-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

As mudanças propostas pelo edital, para essa linha, fazem com que a opção mais fácil aos usuários seja a de se transferir para o Terminal Pinheiros do metrô, uma vez que a linha não alcançará mais a USP e terá ali o seu ponto final. Ao mesmo tempo, observa-se que parte das pessoas que usam a linha não serão afetadas, uma vez que a maior ocupação se encontra nos trechos que não serão cortados.

- 7181-10 - CID. UNIVERSITÁRIA - TERM. PRINC. ISABEL

A linha atual será alterada e os usuários poderão utilizar outra de nome “TERM. PQ. D. PEDRO II - CID. UNIVERSITÁRIA” e com diferente ponto inicial, quando em sentido para a Cidade Universitária. Anteriormente ao edital, a linha partia do Terminal Princesa Isabel, como registrado na Figura 21 em vermelho. Após o edital, os ônibus partirão do Parque Dom Pedro II e a linha terá itinerário como mostrado em verde, também na Figura 21. A alteração do ponto inicial onde, atualmente, saem também as linhas 702U, 930P e 908T, todas com destino à CUASO, possivelmente tem objetivo de servir à demanda destas linhas e a melhor distribuição de oferta.

Atualmente, a linha é servida por ônibus Padron LE, com capacidade de 85 passageiros, e frequência de operação de 5 saídas por hora, proporcionando *headway* de 12min. Assim, na HPM a capacidade de transporte gira em torno de 425 lugares por hora. Após o edital, esta será operada pelo modelo de ônibus articulado LE, o que disponibilizará um total de 128 lugares para os passageiros, viajando sentados e em pé. A frequência, por sua vez, será aumentada para 13 partidas por hora (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017) criando a oferta de 1664 lugares por hora. Esta oferta realmente deve ser maior, uma vez que esta linha comportará também os antigos usuários das linhas 930P e 908T, citadas a seguir.

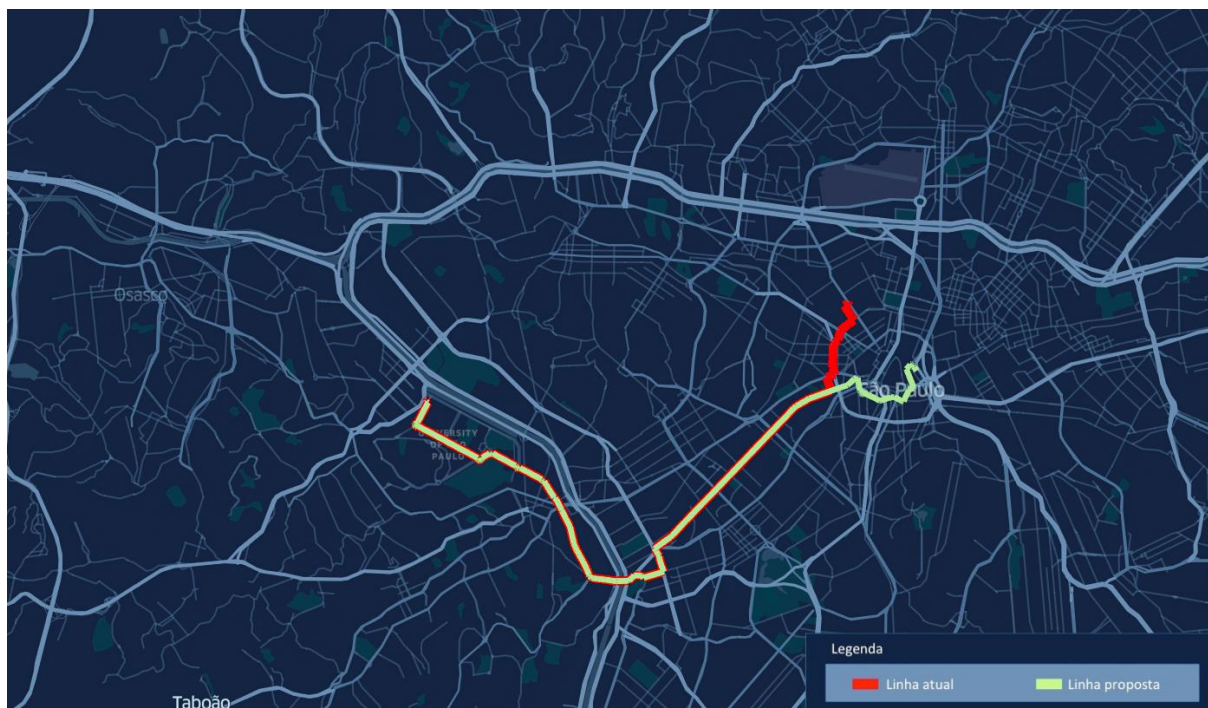


Figura 21 - Linha 7181-10: Trajeto antes e após edital

Através da estimativa de bilhetagem, é possível analisar que esta linha, sentido USP, transporta 574 pessoas no período da manhã e tem uma curva de carregamento um pouco diferente do restante das linhas. No ponto inicial, não há grande quantidade de embarques (54, ou 9,4% do total). Estes ocorrem ao longo do itinerário, quando a linha atinge a Praça da República e a Rua Augusta (338, ou 58,9%). Os dados citados podem ser melhores entendidos pela Figura 21. Pensando na capacidade já citada de 425 passageiros por hora, esta mostra-se suficiente para suprir a demanda de 108 usuários no ponto de ônibus da Av. Lineu de Paula Machado na hora pico (demanda de 325 usuários no período da manhã com aplicação do fator hora-pico de 33%).

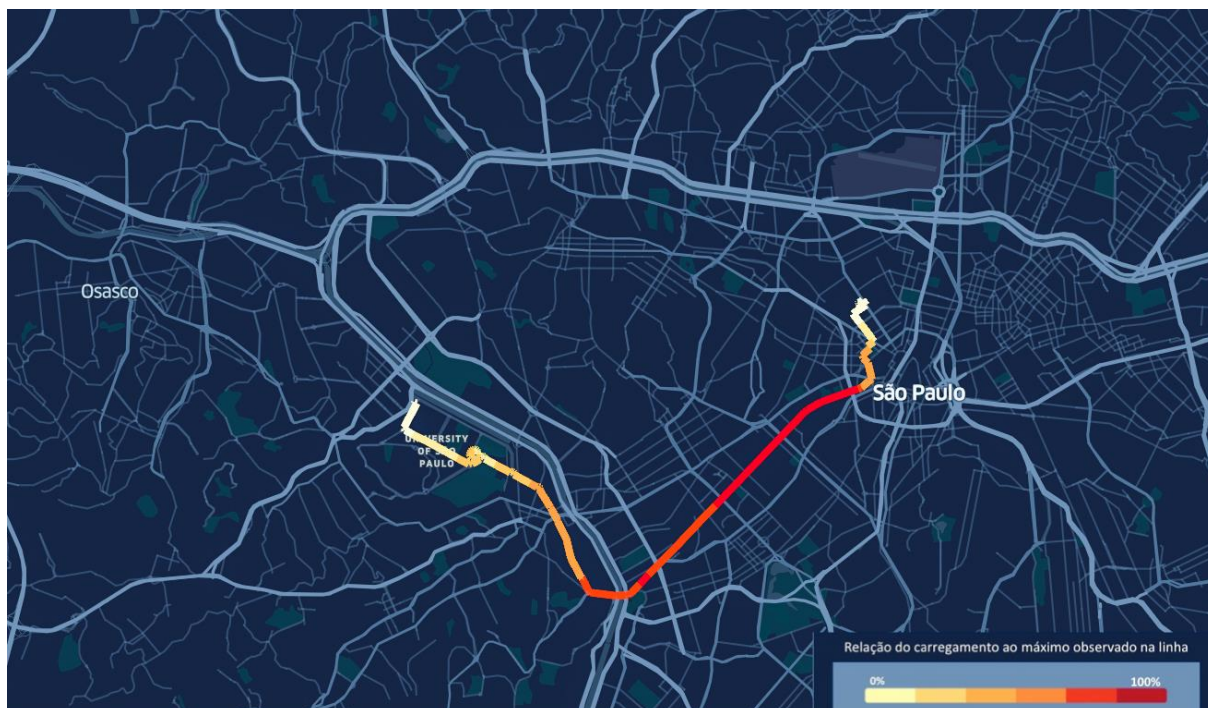


Figura 22 - Linha 7181-10: Carregamento

Do total transportado tem-se a ocorrência de 84 viagens (14,63%) que partem de algum ponto fora da USP ao interior dela. Destas, 40 (47,6%) embarcam na Av. Cidade Jardim. Há, também, o uso dos ônibus para a circulação interna, com 10 (1,7%) usuários. A distribuição de viagens pode ser observada na Figura 22.

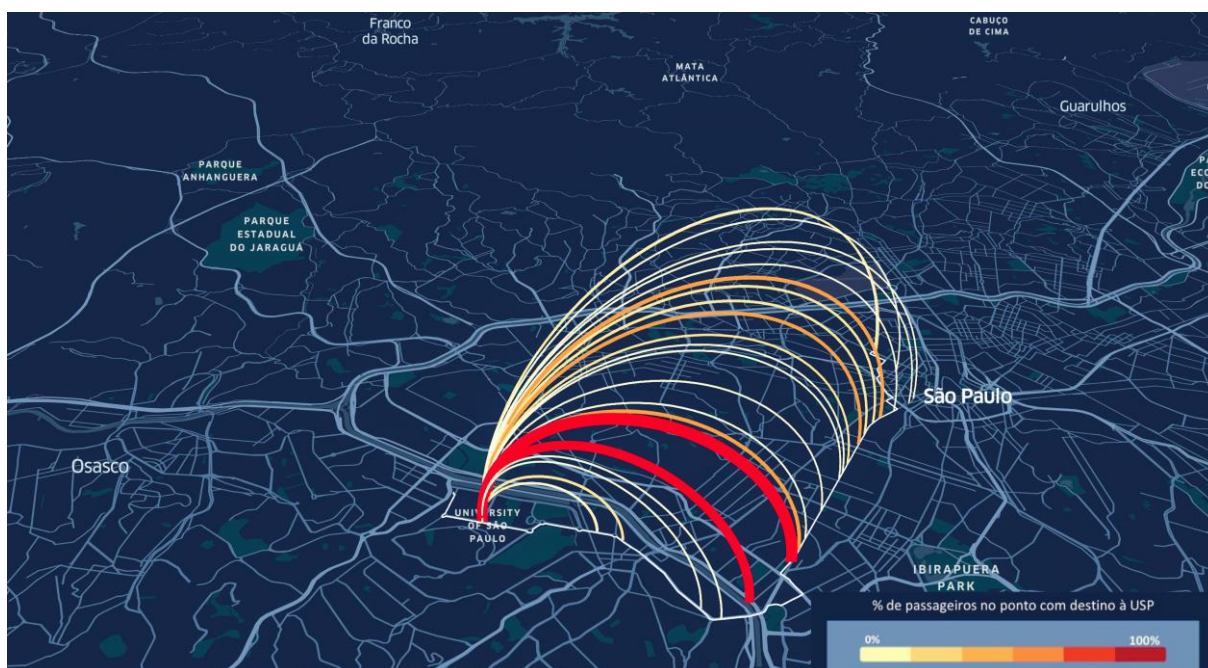


Figura 23 - Linha 7181-10 – Viagens à USP

O Gráfico 4 é responsável por trazer os dados de bilhetagem que foram usados para compor a Figura 22.

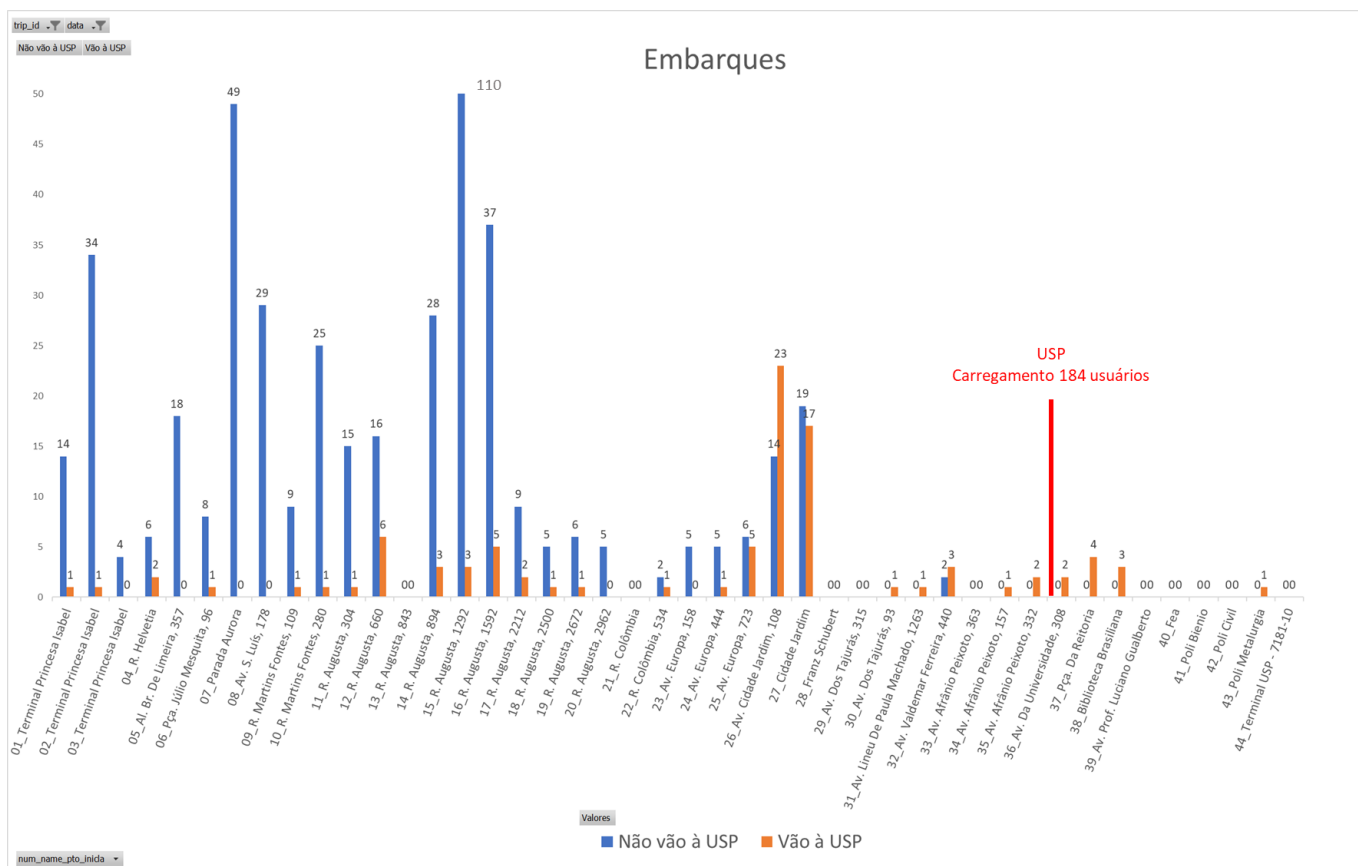


Gráfico 4 - 7181-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- 930P-10 - TERM. PQ. D. PEDRO II - TERM. PINHEIROS

Esta linha, como mencionado acima, será extinta e sua demanda deverá usar o novo trajeto da linha 7181-10. Itinerário atual na Figura 23

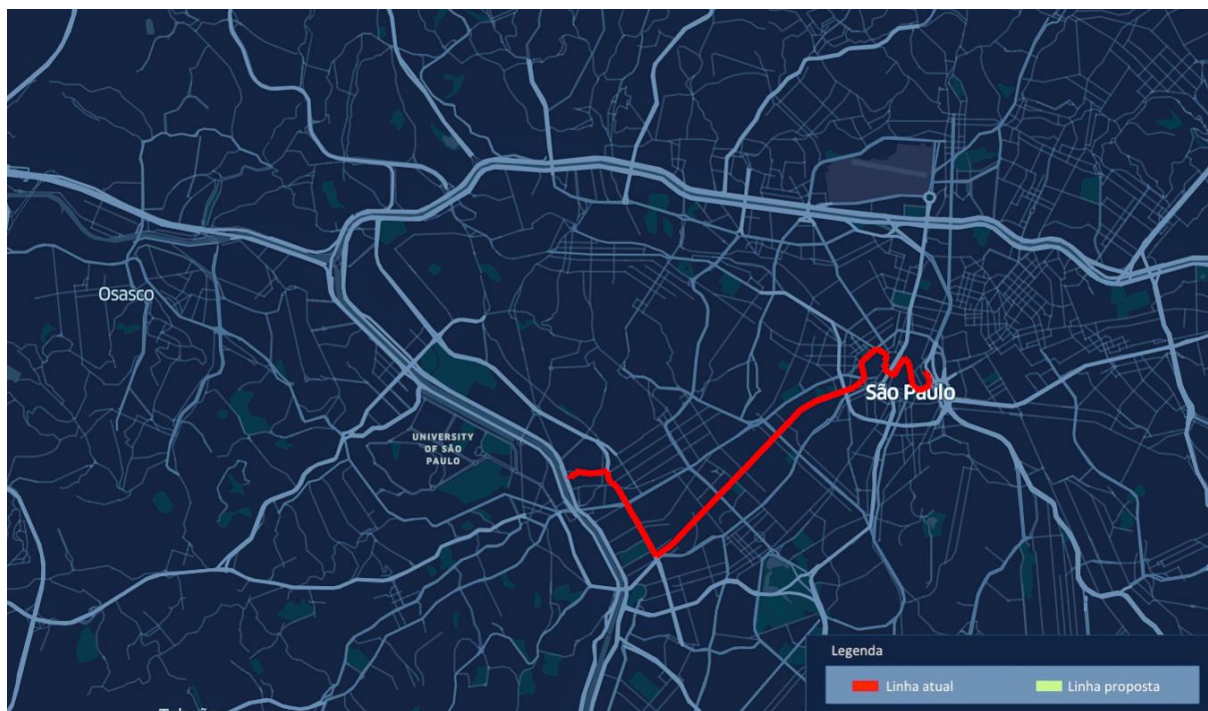


Figura 24 - Linha 930P-10: Trajeto antes ao edital

○ 908T-10 - TERM. PQ. D. PEDRO II – BUTANTÃ

Do mesmo modo, esta linha também deixará de existir e será substituída pelo novo trajeto da linha 7181-10. Assim, haverá alteração no itinerário: antes, os ônibus passavam pela região da Rua Teodoro Sampaio e Av. Rebouças e, após a implementação do edital, estes irão pela Av. Cidade-Jardim e R. Augusta. Ver Figura 24. Toda a demanda atual sofrerá impacto e terá que ser realocada de outra forma.

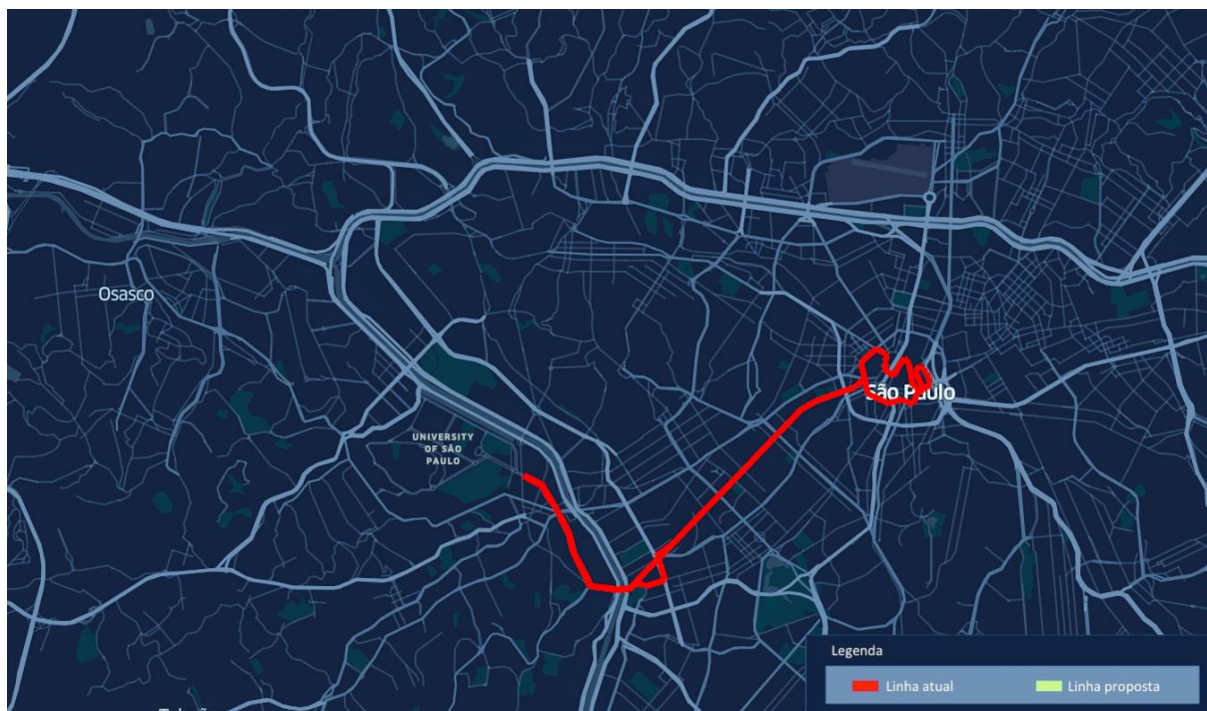


Figura 25 - Linha 908T-10: Trajeto antes do edital.

- 809U-10 – CID. UNIVERSITÁRIA - METRÔ BARRA FUNDA

Esta linha será alterada e receberá o nome de “CID. UNIVERSITÁRIA - METRÔ VL. MADALENA“. Anteriormente ao edital esta fazia o trajeto representado na Figura 25 (traçado vermelho). Com a implantação do novo itinerário, a linha fará a ligação da Estação Vila Madalena até a Cidade Universitária, representada pelo traçado em verde, deixando de atender Barra Funda e Pompéia. A operação é feita pelo modelo de ônibus Padron LE, que disponibiliza um total de 85 lugares para os passageiros, viajando sentados e em pé, e conta com frequência de 5 saídas na HPM. Assim, a capacidade de transporte fica próxima de 425 lugares por hora. Após a implementação do edital, a linha manterá essas características de oferta.

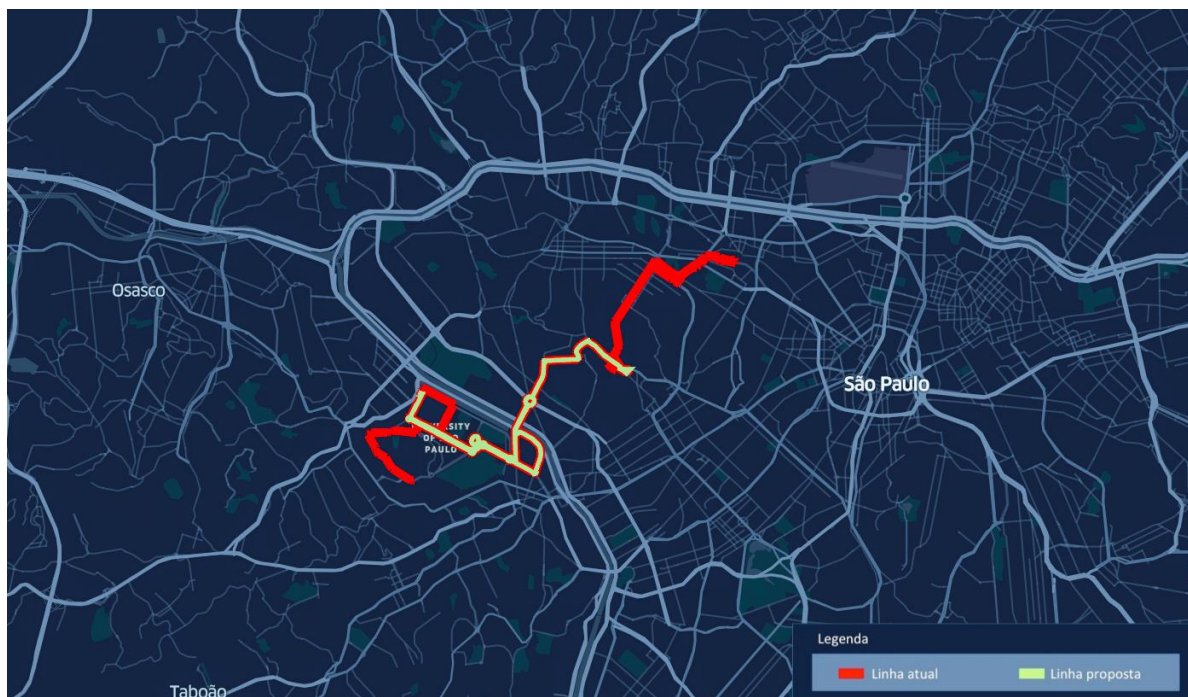


Figura 26 - Linha 809U-10: Trajeto antes e após edital

Para a análise de bilhetagem é interessante já considerar que esta linha será reduzida pelo edital. Atualmente, no período analisado, a linha apresenta um total de 1145 embarques. Destes, 476 (41,6%) se fazem no ponto inicial, e 437 (38,2%) ao longo do caminho, incluindo todo o percurso pela Av. Pompéia, até a Estação Vila Madalena, ou seja, 79,8% da demanda embarca nos ônibus anteriormente ao novo ponto inicial da linha. Tendo em vista este número, os desembarques foram analisados: 696 usuários (60,1%) desembarcam ao longo do percurso mencionado até a Estação Vila Madalena, sendo 162 (14,1%) na própria estação. A Figura 26 mostra o carregamento ao longo do trajeto. A análise mostra que a capacidade já citada de 425 passageiros por hora foi suficiente para o ponto mais crítico do trajeto (Av. Antártica), que apresentou 171 passageiros na hora pico (517 usuários no período da manhã, com aplicação do fator hora-pico de 33%).

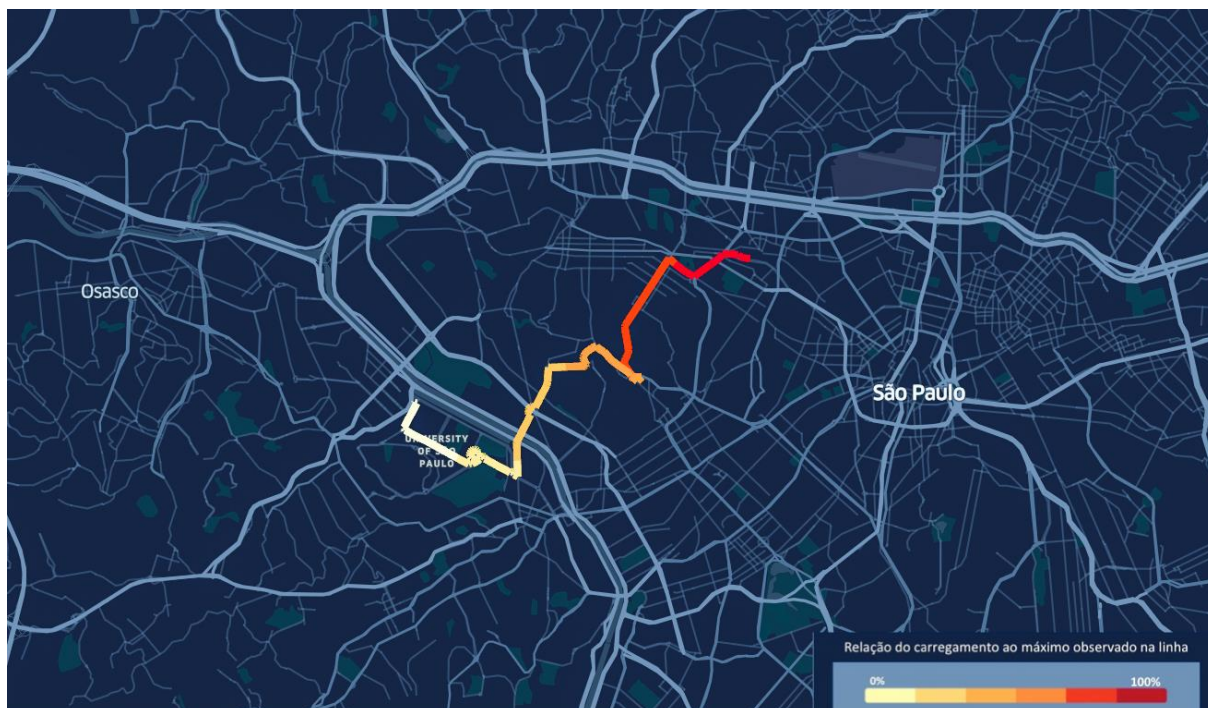


Figura 27 - Linha 809U-10: Carregamento

Os usuários da CUASO que vêm de pontos fora da USP, contabilizados em 161, por sua vez, apresentam maior concentração de embarque na própria Estação Barra Funda (22, ou 2% do total e 13,7 dos usuários da CUASO) e próximo à Estação Vila Madalena (49, ou 3,4% do total e 30,4% dos usuários da CUASO). Com a alteração de percurso, apenas os usuários que partem da Barra Funda serão afetados. A Figura 27 representa as origens dos usuários para a USP.

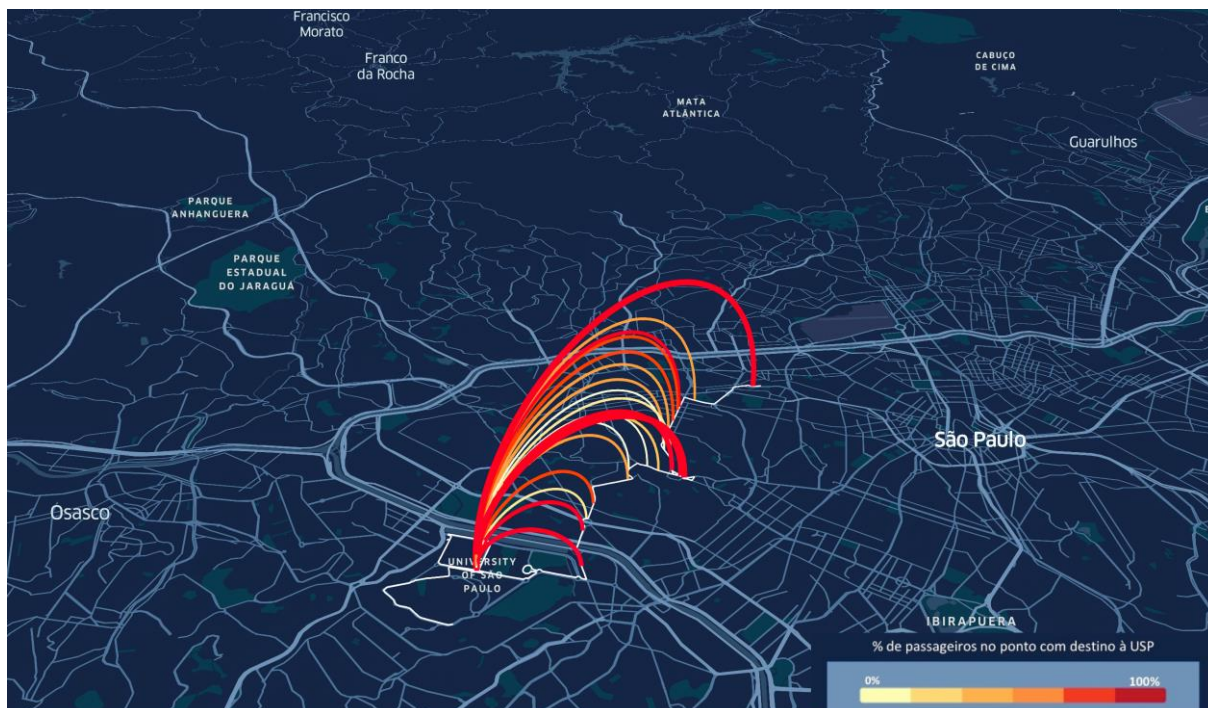


Figura 28 - Linha 809U-10 – Viagens à USP

Vale mencionar que 24 (2,1%) usuários usam esta linha para deslocamento interno à USP. Porém, estes serão pouco afetados, uma vez que o percurso ainda servira a universidade. O Gráfico 5 corresponde à bilhetagem na linha no dia 03 de outubro de 2017 no período da manhã.

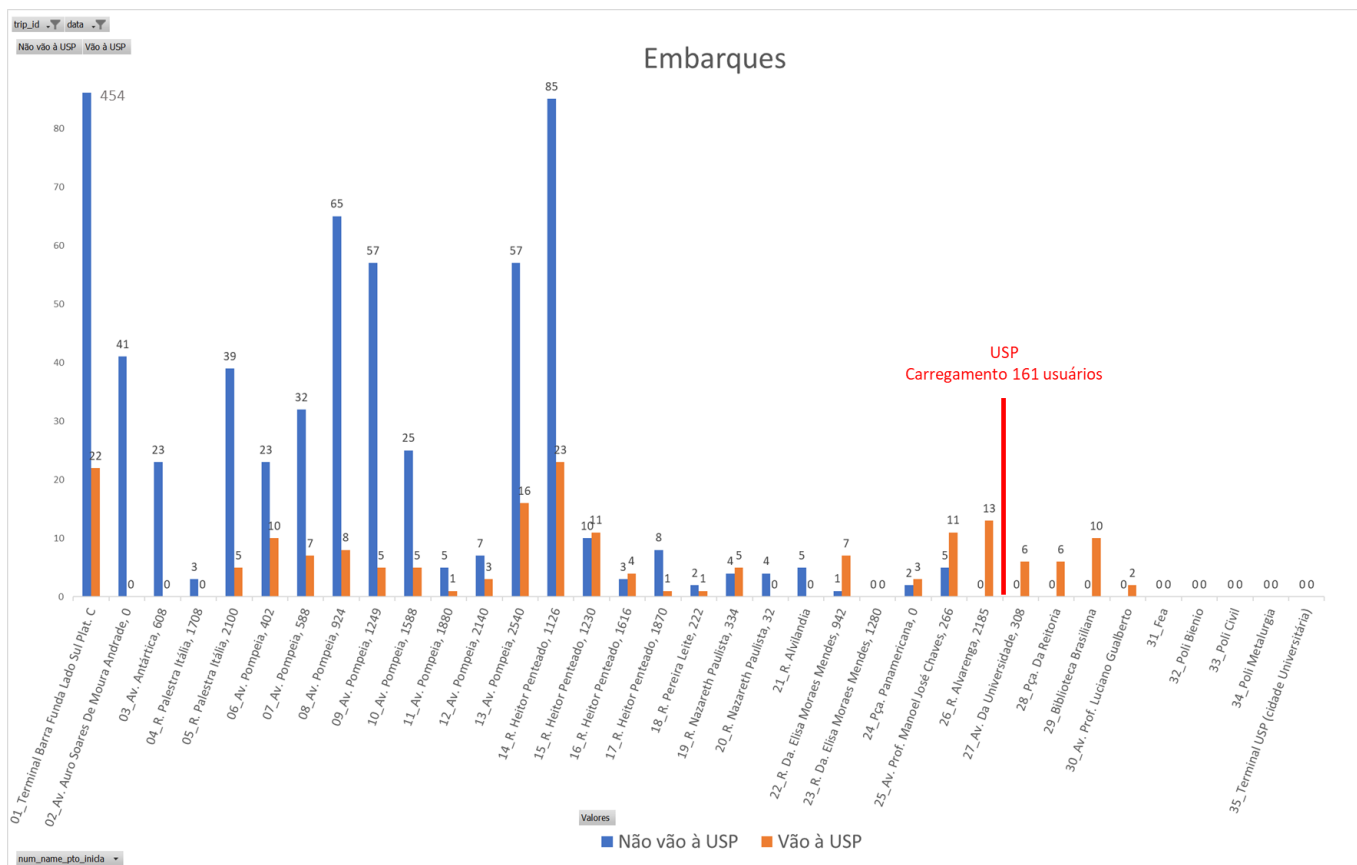


Gráfico 5 - 809U-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- 7725-10 - RIO PEQUENO - TERM. LAPA

Esta linha será alterada e se chamará “RIO PEQUENO - TERM. PINHEIROS”. A mesma, que usa as vias da USP para circulação, terá um corte substancial: o trajeto que antes ia até o Terminal Lapa, sofrerá uma mudança e irá apenas até o Terminal Pinheiros (trajeto novo em verde na Figura 28). Os usuários do Rio Pequeno terão ligação para o Terminal Lapa no Terminal Pinheiros, com a linha “TERM. LAPA - TERM. PINHEIROS.” A comparação do novo trajeto, em verde, e do atual, em vermelho, é feita na Figura 28.

Em relação à capacidade dos trechos, atualmente a linha é operada com ônibus do modelo Básico, que possui capacidade para 74 passageiros, e frequência de 5 saídas por hora. Assim, a capacidade na hora-pico encontra-se em 370. Com o edital, a linha será operada por ônibus do modelo Midiônibus, com capacidade individual de 69 passageiros, e frequência de 5 partidas/hora. Assim, a capacidade será reduzida para 345 passageiros na hora pico.

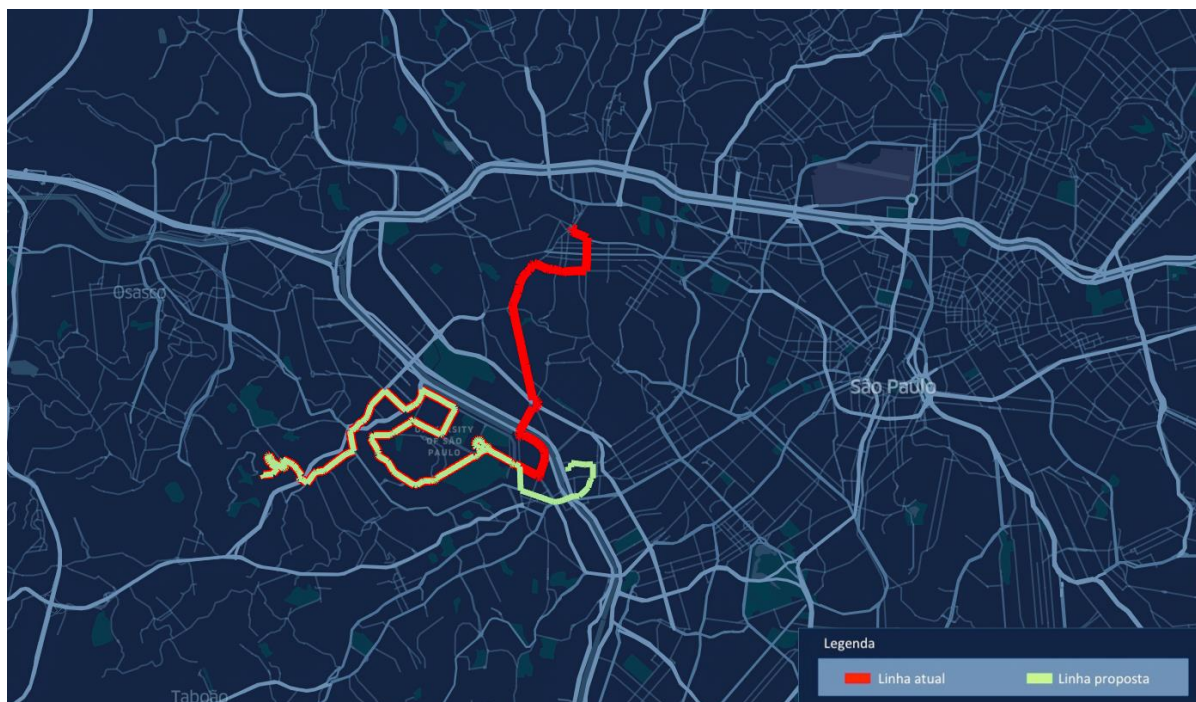


Figura 29 - Linha 7725-10: Trajeto antes e após o edital

Para a análise do percurso é prioritário entender o que acontece com os usuários que vão do Terminal Lapa à CUASO. Isto porque as características entre o bairro Rio Pequeno e a USP serão mantidas, ou seja, apenas os usuários que embarcam ou desembarcam ao longo do trecho entre Lapa e a Av. da Universidade serão afetados diretamente. Além disso, como a linha fará com que a USP esteja ligada diretamente à Estação Pinheiros, esta poderá causar influência no cenário futuro.

No sentido Rio Pequeno a linha possui um total de 487 usuários. Destes, 260 (53,4%) embarcam no próprio Terminal Lapa. Ao longo do percurso a quantidade de embarques permanece baixa e constante, com exceção do embarque de 11 usuários (2,3%) no ponto da R. Pio XI, nº 1200, e 18 (3,7%) na R. Professor Manoel José Chaves, considerado o ponto mais próximo do futuro limite da linha, o Terminal Pinheiros. O carregamento da linha pode ser observada na Figura 29. Em relação à capacidade, esta se mostra suficiente para suprir a atual demanda de 86 pessoas (260 do período da manhã com a aplicação do fato hora-pico de 33%) no ponto mais ocupado na HPM.

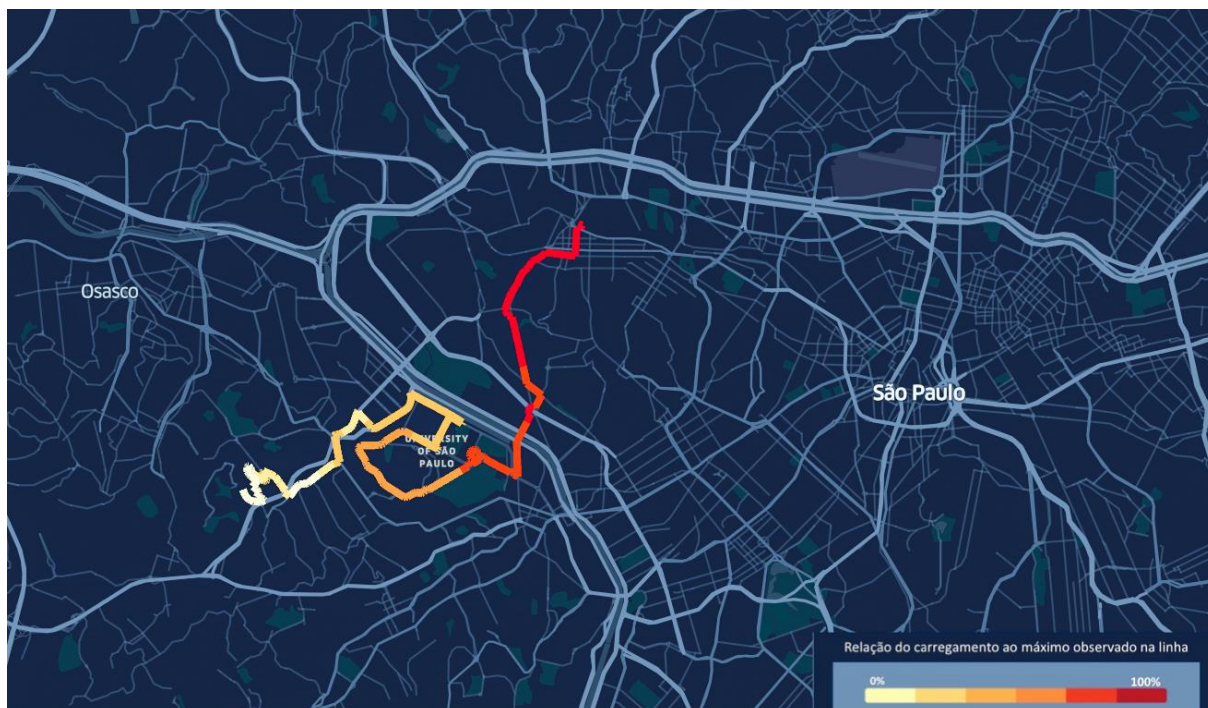


Figura 30 - Linha 7725-10: Carregamento no sentido Rio Pequeno

No sentido oposto, quando a linha sai do bairro do Rio Pequeno em direção à USP e à Lapa, há o embarque de 556 usuários no período da manhã. A maior tendência de embarques acontece na Av. do Rio Pequeno e na Av. Jaguaré, antes da passagem pela USP, e próximo à Praça Panamericana. Os desembarques se concentram na Universidade e no Terminal Lapa.

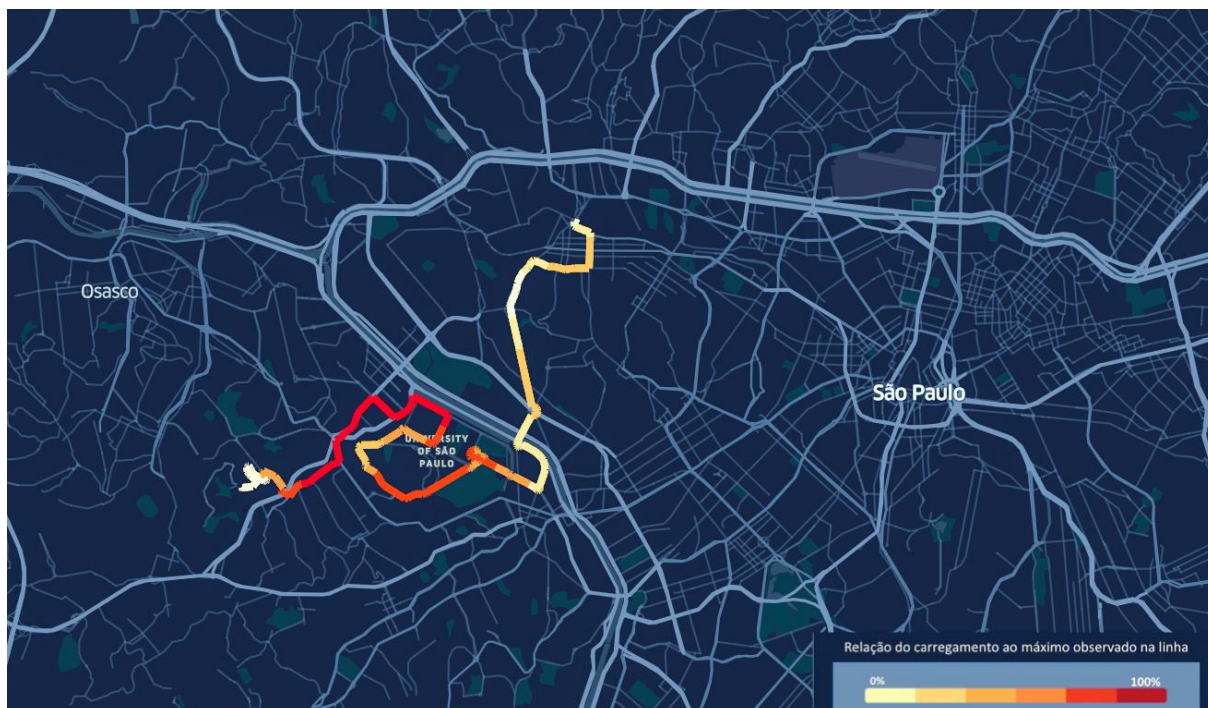


Figura 31 - Linha 7725-10: Carregamento no sentido Lapa

Com relação aos usuários da USP, no sentido Rio Pequeno, a linha traz, de pontos fora da Universidade, 158 usuários (32,4% do total de embarques) no trecho entre o Terminal Lapa e a CUASO. Destes, 122 (25% do total e 77,2% dos usuários que chegam à USP), embarcam no próprio Terminal. A distribuição de viagens pode ser vista na Figura 32. É importante notar que 82 (9,45%) usuários usam esta linha para deslocamento interno à USP. Porém, estes não serão afetados, uma vez que o percurso interno será o mesmo.

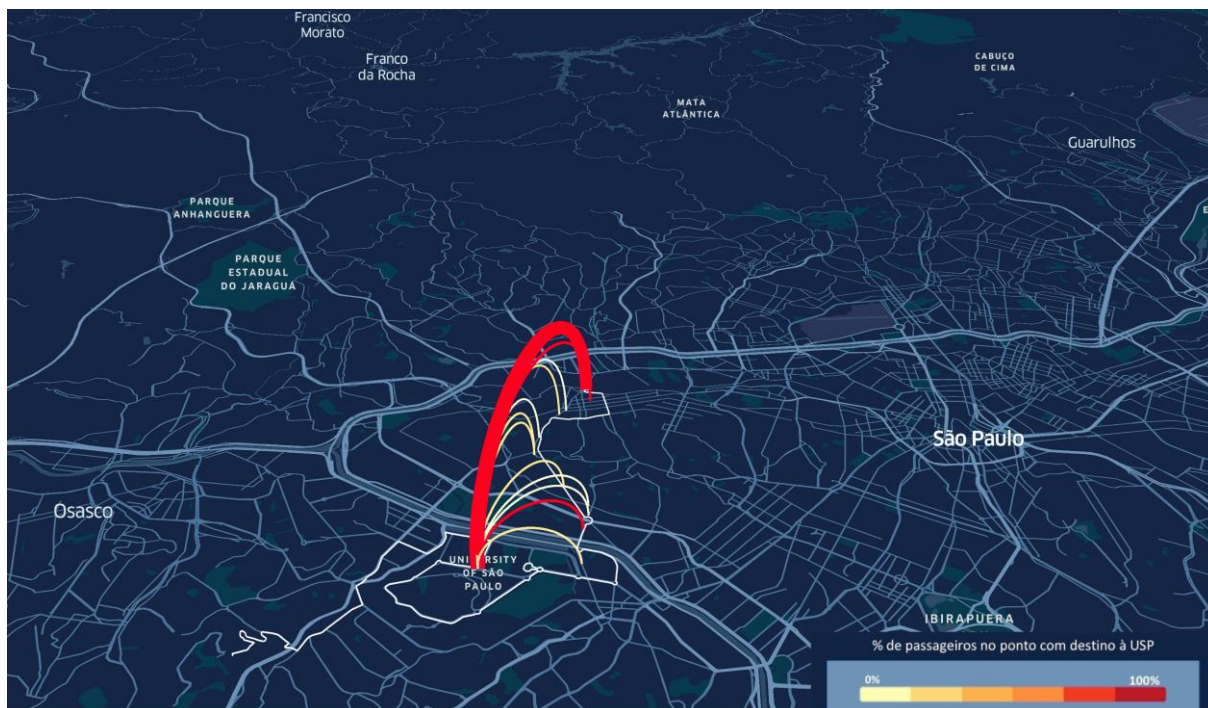


Figura 32 – Linha 7725-10: Viagens à USP sentido Rio Pequeno

O Gráfico 6 representa a bilhetagem usada para configuração da Figura 32.

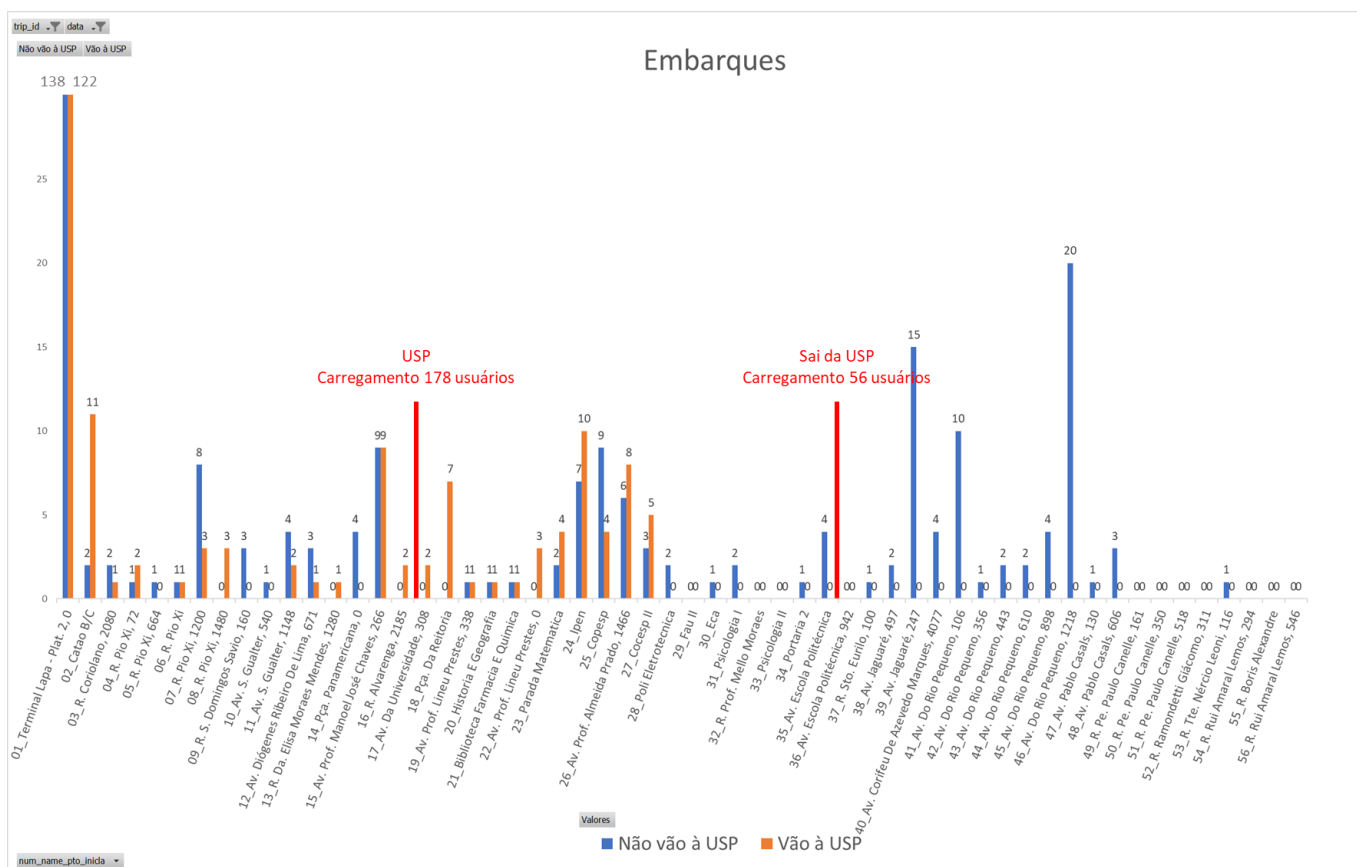


Gráfico 6 - 7725-10 sentido Rio Pequeno: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

Dos 556 usuários no sentido Lapa, 172 (30,9%) desembarcam na USP, com 121 (21,8%) vindos de algum ponto fora da universidade e 51 (9,1%) usando a linha para deslocamento interno. A distribuição de viagens é mostrada na Figura 33 e os dados de bilhetagem no Gráfico 7.

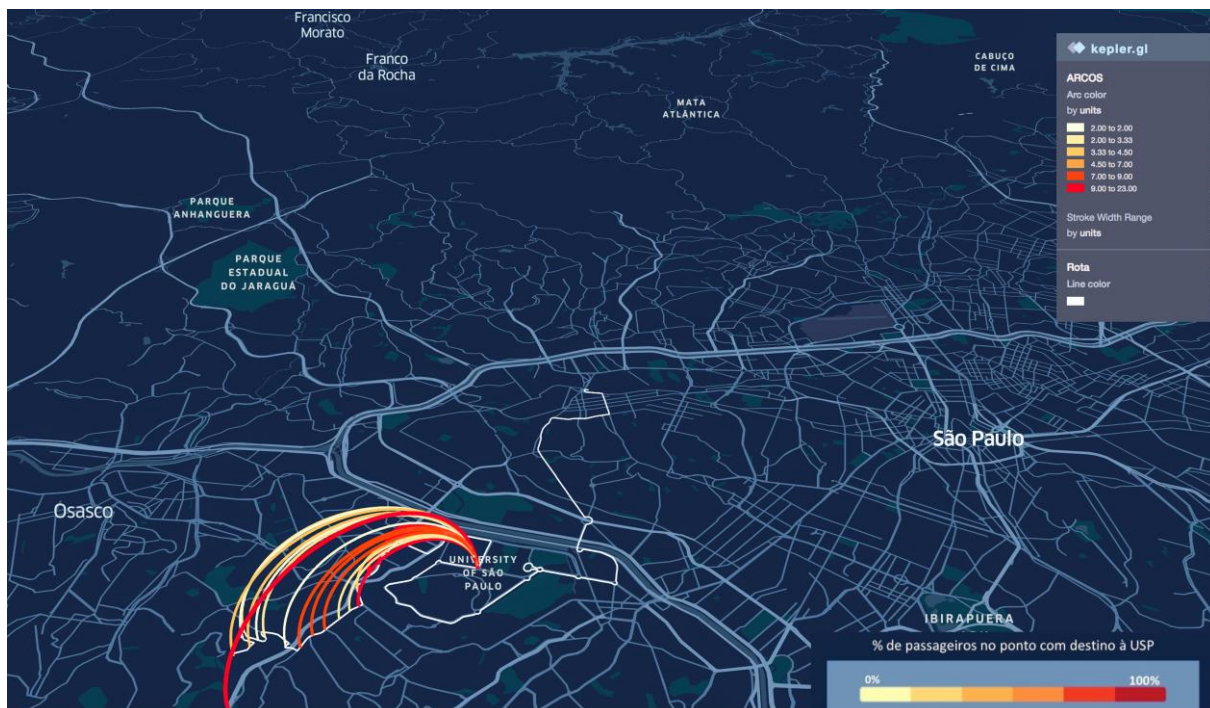


Figura 33 - Linha 7725-10: Viagens à USP sentido Lapa

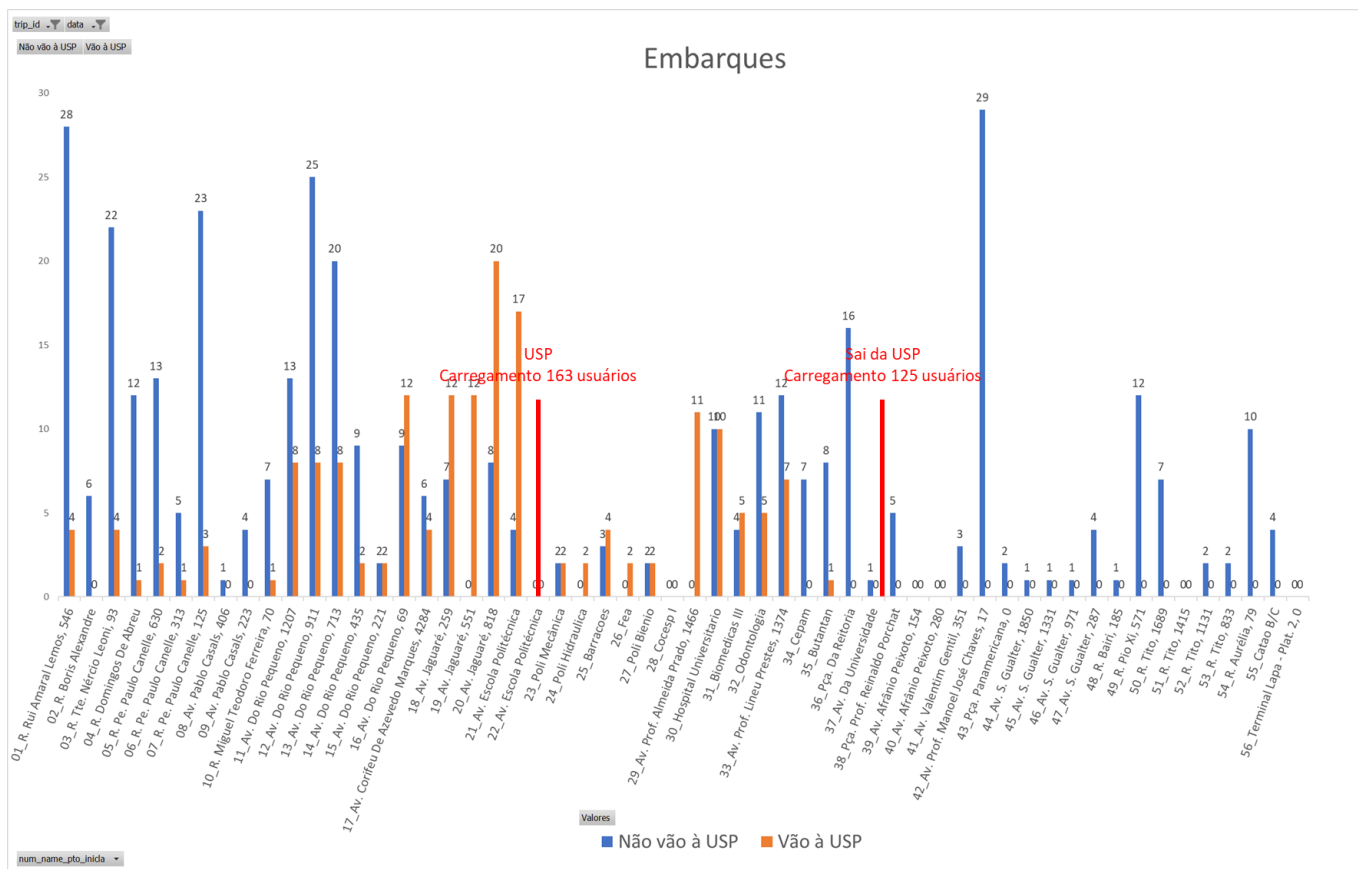


Gráfico 7 - 7725-10 sentido Lapa: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- 7411-10 – CID. UNIVERSITÁRIA - PÇA. DA SÉ

Esta linha, representada na Figura 34 será mantida com o mesmo nome e trajeto, ou seja, não sofrerá alterações. Desse modo, esta linha não causará impacto nas análises dos próximos capítulos. Sua demanda atual é de 415 viagens no período da manhã, sendo que 179 (43,13%) embarcam fora da USP e vão para o seu interior e 26 (5,54%) usam a linha para mobilidade interna. A linha é servida – e se manterá – por ônibus Padron LE, com frequência de 5 saídas/hora.

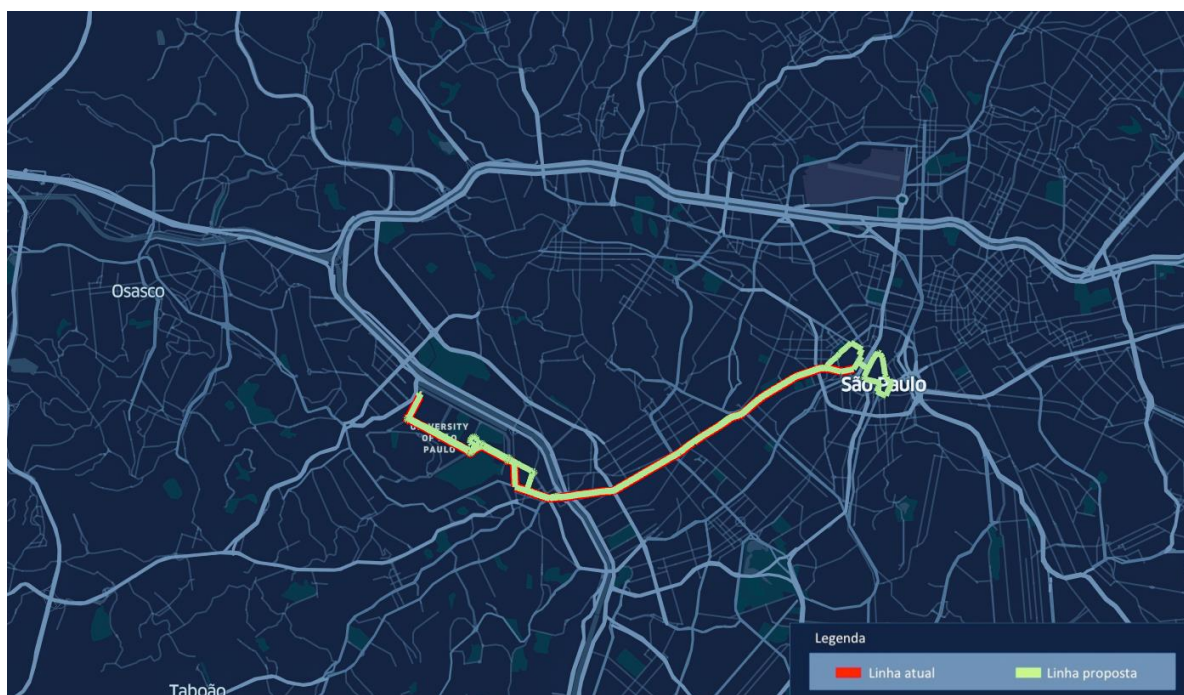


Figura 34 - Linha 7411-10: Trajeto antes e após o edital, sem mudanças

O carregamento da linha pode ser visualizado na Figura 35 e a distribuição de viagens à USP na Figura 36. Adicionalmente, os dados de bilhetagem ao longo da linha, no sentido USP, encontram-se no Gráfico 8.

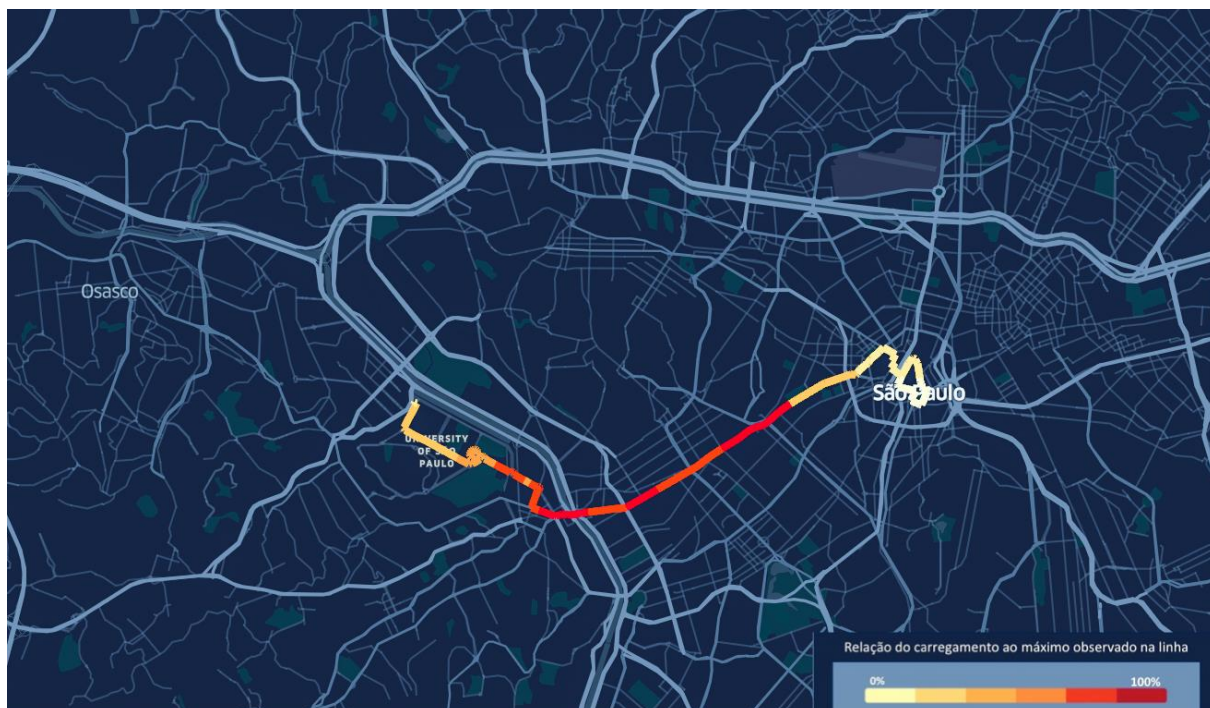


Figura 35 - Linha 7411-10: Carregamento

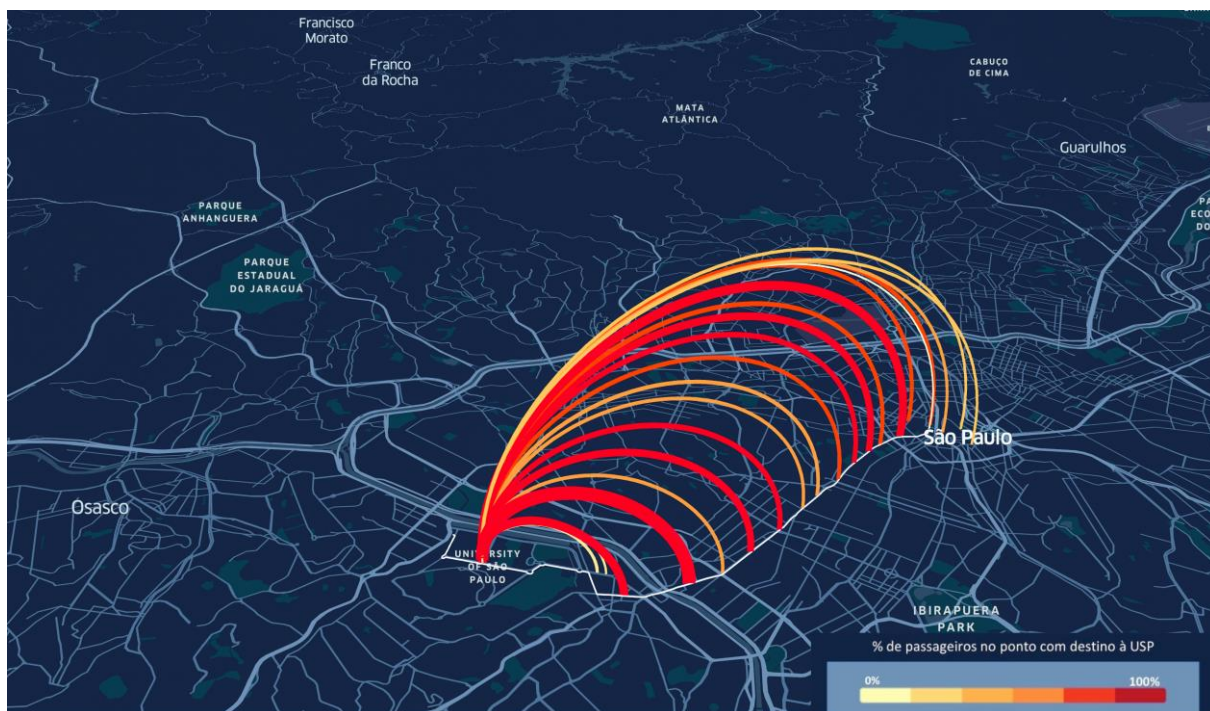


Figura 36 - Linha 7411-10: Viagens à USP

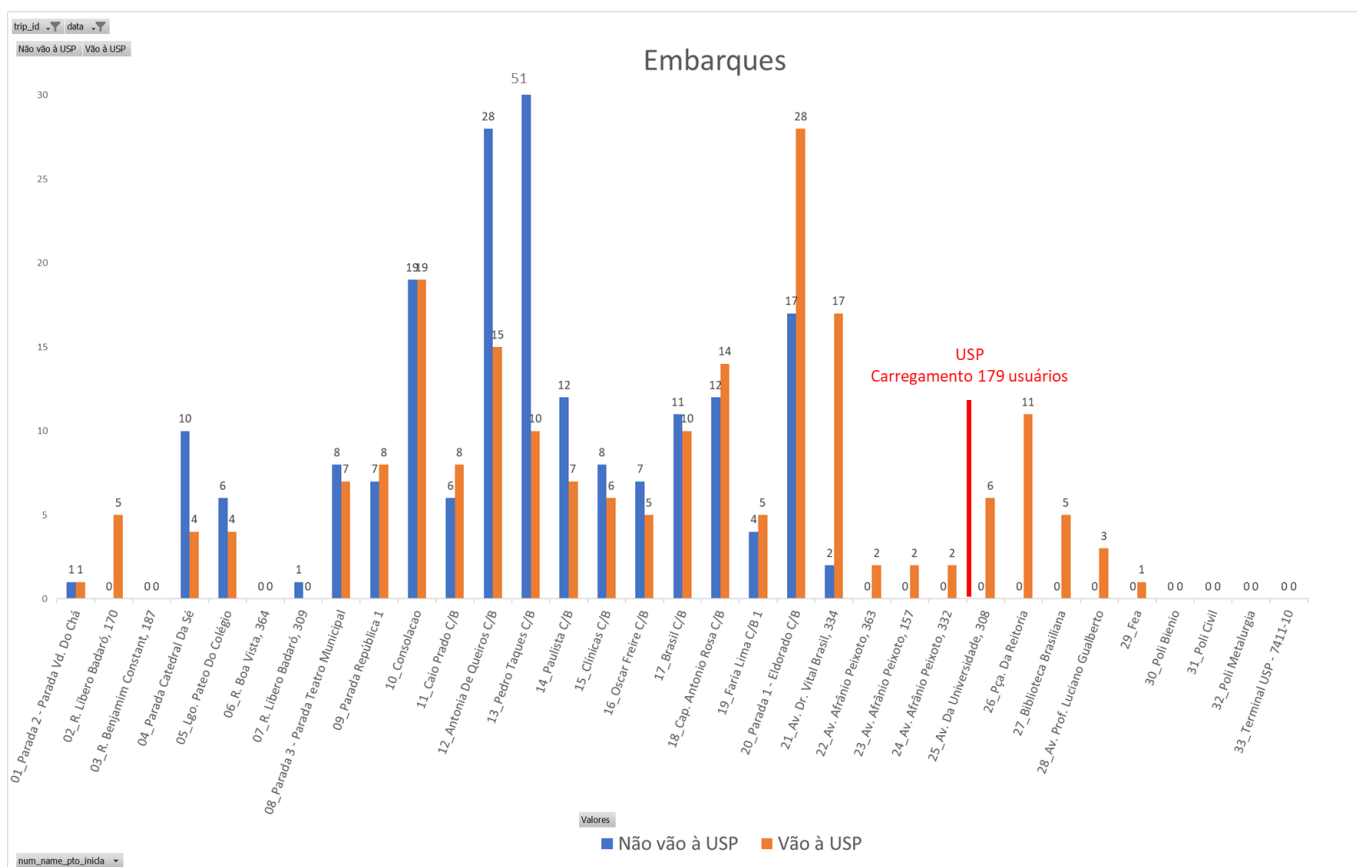


Gráfico 8 - 7411-10: Bilhetagens no dia 03 de outubro de 2017, período da manhã (5h – 9h)

- LINHAS CIRCULARES

Em resumo, a capacidade, com o novo edital, passaria de 1615 passageiros na hora-pico para 1785.

- 8012-10 – Circular 1 - METRÔ BUTANTÃ - CIDADE UNIVERSITÁRIA

O trajeto desta linha permanecerá inalterado. Anteriormente ao edital, esta linha era servida por ônibus do modelo Padron LE, de capacidade de 85 passageiros, e frequência de 9 partidas/hora. Assim, a capacidade era de 765 passageiros por hora. O edital sugere a mudança para uma frequência de 12 partidas/hora, o que aumentaria a oferta para 1020 passageiros.

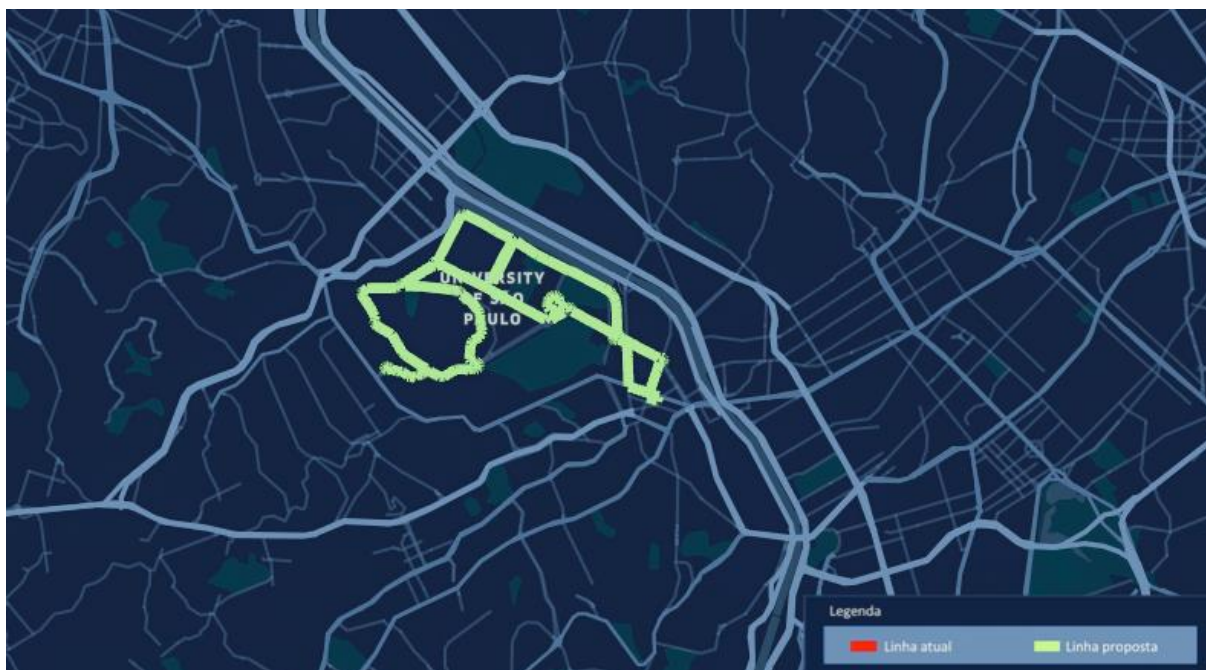


Figura 37 – Linha 8012-10: Trajeto da Linha Circular 1

- 8022-10 - Circular 2 - METRÔ BUTANTÃ - CIDADE UNIVERSITÁRIA

Como a linha Circular 1, esta também será mantida. Por sua vez, terá a capacidade geral diminuída. Anteriormente, esta linha era servida por ônibus do modelo Padron LE, de capacidade de 85 passageiros, e frequência 10 partidas/hora. Assim, a capacidade era de 850 passageiros por hora. O edital sugere a mudança para frequência de 9 partidas/hora, o que diminuiria a oferta para 765 passageiros.

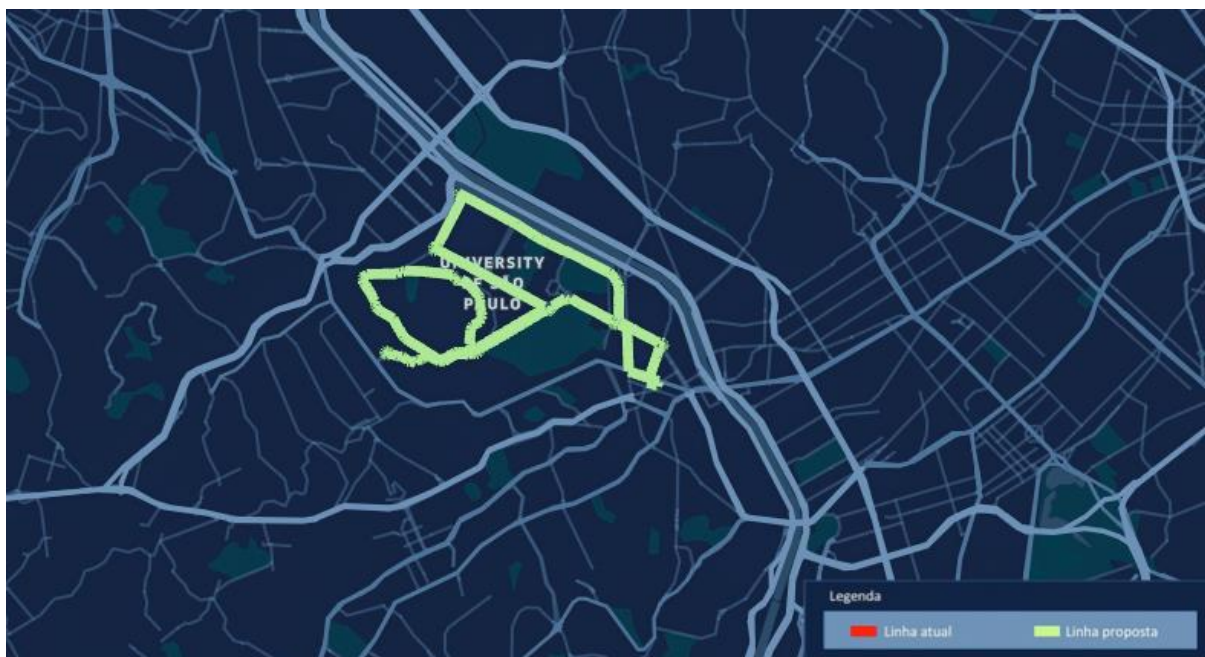


Figura 38 - Linha 8022-10: Trajeto da Linha Circular 2

Como apresentado no detalhamento das demandas de cada linha citada, pode-se observar que estas terão diversas modificações de nomes, itinerários e capacidades. Na Tabela 5, é possível visualizar um breve resumo de todos os dados de viagens apresentados com base na análise de bilhetagem, de modo que se entenda como estas estão distribuídas ao longo de cada linha que passa pela CUASO.

Tabela 5 - Resumo das mudanças de linhas: dados de distribuição de viagens

Situação	Rede atual				
	Cód.	Nome	Embarques período da manhã	% Viagens à USP	% Viagens internas
Extinta	701U-10	Metrô Santana - CUASO	1344	16,22	4,16
Encurtada	702U-10	Term. Pq. D. Pedro II - CUASO	1631	24	6,5
	177H-10	Metrô Santana - CUASO	1955	12,3	2,3
Alterada	7181-10	Term. Princesa Isabel - CUASO	574	14,63	1,7
	809U-10	Metrô Barra Funda - CUASO	1145	14,06	2,1
	7725-10-1	Rio Pequeno - Term. Lapa (RP)	487	32,4	9,45
	7725-10-0	Rio Pequeno - Term. Lapa (Lapa)	556	21,8	9,1
Mantida	7411-10	Praça da Sé - CUASO	415	43,13	5,54

Complementando a representação dos dados, a Tabela 6 mostra os carregamentos das linhas em seus pontos críticos e nos pontos que entram na USP, comparados às suas capacidades. É possível notar ociosidade de capacidade nas linhas, com exceção dos circulares.

Tabela 6 – Comparação entre carregamentos e oferta de assentos

Situação	Rede atual			
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Carregamento ponto crítico (HPM) (Bilhetagem)	Carregamento ao entrar na USP (HPM) (Bilhetagem)
Extinta	701U-10	768	257	72
Encurtada	702U-10	510	271	129
	177H-10	340	209	80
Alterada	7181-10	425	107	61
	809U-10	425	171	53
	7725-10-1	222	85	59
	7725-10-0	222	65	54
Mantida	7411-10	425	72	59
	8012-10	765	2194	2194
	8022-10	850		
Total		4952	2987	2316
		Rel. Carregamento Oferta	0,60	0,47

Além disso, a Tabela 7 traz as capacidades de cada linha na rede atual e na rede proposta pelo edital, bem como uma análise inicial das variações. Vale mencionar que a linha 7181-10 - Term. Princesa Isabel – CUASO tem a maior variação positiva de capacidade, justificada pois servirá de alternativa às linhas cortadas 930P-10 e 908T-10. Entretanto, em geral, tomando apenas as linhas que entram - ou entrarão - na USP, percebe-se que, com o edital, a capacidade passa de 4952 passageiros por hora para 4799, trazendo diminuição de 3% na oferta de lugares. Este efeito acontece, principalmente, pois a linha 701U será extinta e as linhas 702U e 177H terão seus percursos limitados na Estação Pinheiros do metrô.

Um ponto positivo observado é o aumento da capacidade dos circulares em conjunto de 11%, o que tentará desafogar a situação de superlotação observada na Estação Butantã diariamente.

Tabela 7 – Resumo das mudanças de linhas: capacidades

Fonte: PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2017

Situação	Rede atual					Rede proposta					Dif. Cap.	
	Cód.	Entra na USP?	Veículo	Freq.	Capacidade [pass/h]	Cód.	Entra na USP?	Veículo	Freq.	Capacidade [pass/h]		
Extinta	701U-10	S	Articulado	6	768	-	-	-	-	0	↓ -100%	
Encurtada	702U-10	S	Padron	6	510	3.00.15	N	Articulado	10	1280	↑ 151%	
	177H-10	S	Padron	4	340	6.00.48	N	Padron	5,5	467,5	↑ 38%	
Alterada	7181-10	S	Padron	5	425	3.08.25	S	Articulado	13	1664	↑ 292%	
	809U-10	S	Padron	5	425	3.08.28	S	Padron	5	425	● 0%	
	7725-10-1	S	Básico	3	222	4.20.17-1	S	Midiônibus	5	250	↑ 13%	
	7725-10-0	S	Básico	3	222	4.20.17-2	S	Midiônibus	5	250	↑ 13%	
Mantida	7411-10	S	Padron	5	425	6.00.24	S	Padron	5	425	● 0%	
	8012-10	S	Padron	9	765	4.20.14	S	Padron	12	1020	↑ 33%	
	8022-10	S	Padron	10	850	4.20.15	S	Padron	9	765	↓ -10%	
Total					4952	Total					4799	↓ -3%

↑ 11%

5.2. Processamento da pesquisa de mobilidade

Para a comparação da experiência do usuário na situação atual com relação ao edital futuro, é necessário estimar uma matriz de origem e destino de viagens para a Cidade Universitária. Em 2015, um grupo formado por alunos de graduação e um doutorando em Engenharia de Transportes realizaram um questionário online com o objetivo de compreender aspectos da mobilidade no Campus Butantã da USP. O questionário visava obter informações para subsidiar estudos para a melhoria das linhas circulares do campus. As questões estão representadas no ANEXO B.

Esta pesquisa formou uma Base de Dados valiosa para o planejamento do transporte no campus, uma vez que o questionário inclui questões acerca da origem dos respondentes, dos modos de transporte utilizados para chegar ao campus, dos horários de entrada e saída do campus, do destino dentro da cidade universitária bem como a satisfação dos usuários sobre as linhas circulares.

A pesquisa foi divulgada por meio do e-mail USP à alunos de graduação e pós-graduação, professores, alunos e funcionários, mas também foi aberta para o público em geral que desejasse responder. Houve 4719 respostas, entre os diversos tipos de respondentes.

A base de dados resultante foi utilizada pelo grupo para caracterizar a demanda de transporte no Campus. As informações da pesquisa foram expandidas para representar os demais usuários, para tanto foram utilizados os dados disponibilizados pelo Anuário Estatístico da USP de 2017, com informações sobre 2016. Estes foram fundamentais para a análise adequada e a expansão da amostra. Da pesquisa foi feito um tratamento para gerar a matriz origem e destino de viagens à Cidade Universitária, com base nos procedimentos detalhados a seguir.

5.2.1. Análise horária da demanda

Uma das perguntas no questionário era acerca do horário usual de entrada e saída do campus em cada dia da semana, com alternativas em intervalos de 2 horas, entre as 4h e às 24h. Os resultados mostram que as entradas na USP se concentram no período da manhã, no intervalo das 6h às 10h com principal horário de entrada entre as 06-08h, muito provavelmente relacionado ao horário de início das aulas no período da manhã no Campus.

Já na questão acerca do horário de saída do Campus, nota-se que as viagens estão mais igualmente distribuídas entre os intervalos apresentados como opções. Diferentemente da manhã, não há um horário muito mais carregado, e os intervalos das 16-18h e das 18h-20h apresentaram amostras semelhantes de usuários.

Essas informações são evidenciadas pelos Gráfico 9 e Gráfico 10.

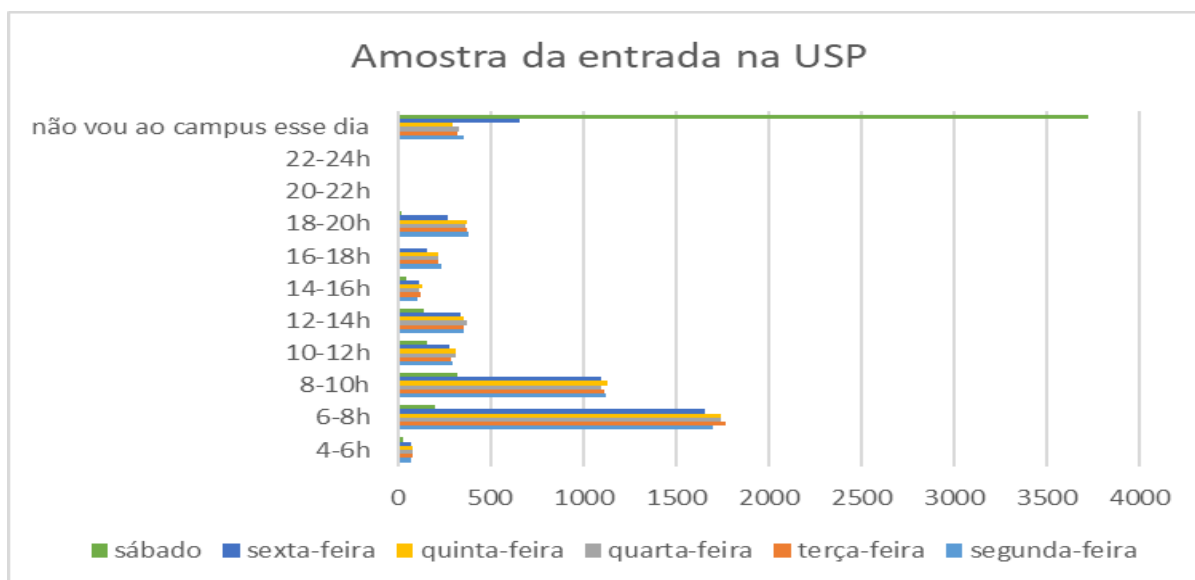


Gráfico 9 - Amostra de entrada na USP

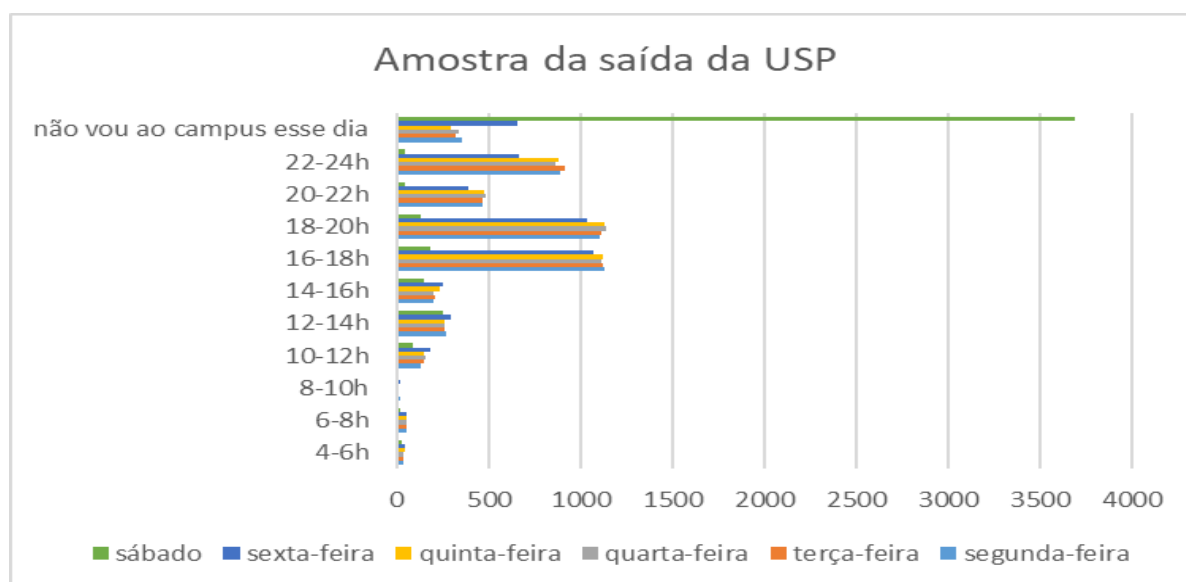


Gráfico 10 - Amostra de saída na USP

Os gráficos incluem os dias que os usuários responderam entrar no Campus em cada horário. É possível notar que não há forte discrepância de demanda para os dias úteis com a exceção da sexta-feira, que apresenta demanda menor tanto para a ocasião de entrada quanto para a ocasião de saída da USP. Notou-se que o dia com maior demanda para entrada e saída foi a terça-feira e, portanto, este será o dia utilizado como referência com o objetivo de abranger a maior parte de usuários.

Neste trabalho, optou-se por estudar apenas as viagens de entrada na USP e que ocorrem no período da manhã. Por estarem mais concentradas em um intervalo menor de tempo, trata-se do período crítico para os sistemas de transporte que servem a Cidade Universitária. Esta constatação está de acordo com os dados observados pelos usuários, que reportam grande filas no período da manhã.

Com o objetivo da formação de uma matriz de origens e destinos à USP que represente a maior parte dos usuários de transporte, optou-se pelo cálculo de um fator diário a ser aplicado em todos os respondentes da pesquisa. O objetivo do fator é abranger, na amostra estudada, os usuários que não comparecem ao campus na terça-feira, pois poderiam ser observadas distorções devido ao dia.

O cálculo do fator diário é feito dividindo a demanda de entrada no período da manhã na terça-feira pelo total de entradas no período da manhã para a semana pela fórmula e valores apresentados abaixo.

$$Fd = \frac{\text{Demanda manhã (terça - feira)}}{\text{Demanda manhã(dias úteis)}}$$

Equação 2 – Cálculo do fator diário

Tabela 8 - Cálculo do fator diário

Cálculo do Fator Diário	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira	Soma viagens
Amostra de viagens das 4:00 às 10:00	2943	3000	2957	2998	2861	14759
Fator diário		20.33%				100.00%

Considerando o período das 4:00 às 10:00 da manhã, buscou-se entender qual o período com mais usuários e portanto, a hora mais crítica neste intervalo. Como os intervalos da Pesquisa foram discretizados em 2 horas, recorreu-se aos dados de bilhetagem dos circulares 1 e 2 da terça-feira do dia 03/10/2017. A cada bilhetagem feita dentro do veículo é emitido um sinal com um identificador e o dia e hora exata da bilhetagem. Foi feito um histograma das bilhetagens por intervalos de 1 hora em sequências a cada 10 minutos (4h – 5h; 4h10 – 5h10; 4h20 – 5h20).

A bilhetagem dos circulares no Gráfico 11 revelou três picos de bilhetagem para o período e dia analisado. A hora-pico da tarde e a hora-pico do almoço apresentaram

o total de 2579 bilhetagens, ultrapassando os 2194 da hora-pico da manhã das 7:20—8:20. É também interessante notar que para o período da tarde e do almoço, a curva que acompanha a hora pico é mais suave, indicando uma maior dispersão das bilhetagens. Este efeito provavelmente se deve ao fato de que nos períodos de almoço e tarde existem viagens de entrada para o período noturno e de saída, diferentemente da manhã em que predominam as entradas.

Apesar de menor quantidade absoluta de bilhetagens no período da manhã, as bilhetagens são feitas em sua grande maioria no sentido de entrada para o campus, causando uma concentração maior de filas e atraso maior.

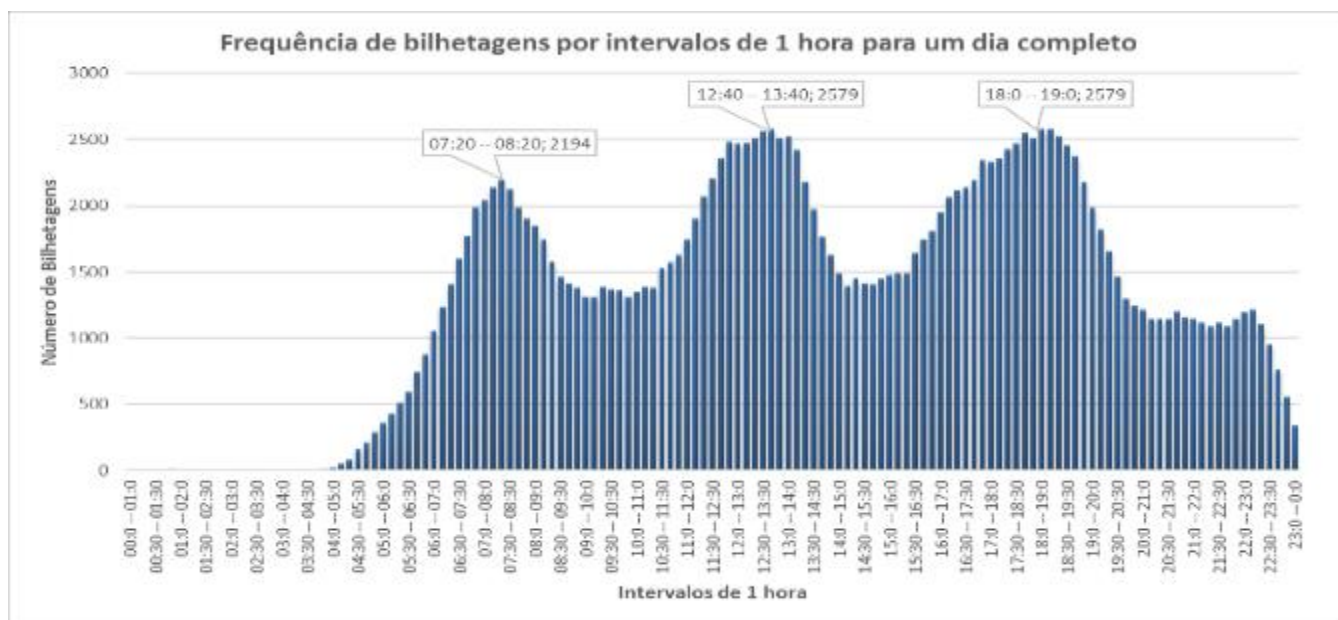


Gráfico 11 - Frequência de bilhetagem por período horário

Para o período da manhã, calculou-se qual seria a demanda na hora mais carregada através de um fator de hora pico, considerando o total de bilhetagens entre as 7h20 – 8h20 e o total de bilhetagens do período da manhã considerado. O cálculo é ilustrado na pela Equação 3 e mostrado na Tabela 9.

$$F_{hp} = \frac{N^{\circ} \text{ bilhetagens ha hora pico}(7:20 - 8:20)}{N^{\circ} \text{ bilhetagens no período da manhã}(4:00 - 10:00)}$$

Equação 3 – Cálculo fator hora pico

Tabela 9 - Cálculo de demanda por fator hora pico

Cálculo do Fator Hora Pico	7:20 - 8:20	4:00 - 10:00	Fator Hora Pico
Nº de bilhetagens	2194	6634	33.07%

5.2.2. Expansão da amostra e criação do zoneamento da USP

Para se finalizar os ajustes de demanda, deve-se levar em conta que a pesquisa de mobilidade foi feita por e-mail USP, sendo enviada para funcionários, alunos (de graduação e pós-graduação) e docentes. Do total da amostra de 4719 respondentes, havia 59 que compunham a categoria “Outros”. Como não haviam dados disponíveis destes no anuário da USP, estes foram excluídos do nosso banco de dados, que ao final possui 4660 respondentes.

Considera-se que existem diferenças na característica da demanda entre alunos, docentes e funcionários, tanto na distribuição geográfica quanto na distribuição horária da demanda. Portanto, calcularam-se os fatores de expansão da amostra (Tabela 10) utilizando o Anuário Estatístico da USP, publicado anualmente pela reitoria com números da USP.

Tabela 10 - Cálculo fator de expansão - Fonte: Autor

Ocupação	Contagem	Fator de expansão
Aluno de Graduação	58823	14,1
Aluno de Pós-Graduação	37541	21
Funcionário	14866	11,5
Professor	5844	10

Com os fatores de expansão calculados, é possível se iniciar o processamento da espacial da amostra. Inicialmente, sabe-se que as informações disponíveis da pesquisa acerca da localização do respondente eram:

- Bairro de origem do trajeto
- CEP da origem do trajeto;
- Cidade de origem do trajeto

A partir dos CEPs respondidos, buscou-se a localização na base de logradouros da nossa amostra de banco de dados, onde haviam 610 respondentes que não

responderam o CEP ou responderam um CEP não válido. Para a composição da matriz de viagens, estes foram excluídos.

Utilizou-se para o georreferenciamento a base de logradouros de São Paulo, disponibilizada pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM, <http://web.fflch.usp.br/centrodametropole/>). Ao tentar correspondência pelos 8 dígitos na base de logradouros, 238 não foram encontrados. Buscou-se então, aproximar pelos 5 primeiros dígitos do CEP, que compreende a divisão de sub-setores.

A partir da base de logradouros, agrupou-se a demanda de viagens à USP de manhã de acordo com as zonas do modelo em que se pretende fazer a simulação, explicado no item 3.1.

Para considerar as 610 respostas não encontradas sem alterar o fator de expansão adotado, utilizou-se o Bairro preenchido para distribuir proporcionalmente o número de viagens por zona do modelo. O fator de ajuste é calculado pela Equação 4.

O método para aproximação foi o cálculo de um fator de ajuste para cada um dos bairros. Após associar-se a amostra as zonas, o fator de ajuste foi calculado por:

$$F_{aj} = \frac{N^{\circ} \text{ viagens por cep} + N^{\circ} \text{ viagens por bairro}}{N^{\circ} \text{ viagens por cep}}$$

Equação 4 - Cálculo fator de ajuste

Com a base de dados ajustados, os usuários deveriam ser alocados corretamente aos seus destinos. Para isso, buscou-se um modelo de zoneamento adequado aos fins deste trabalho e, assim, o zoneamento do metrô de São Paulo, mesmo usado para representação das pesquisas O-D do metrô, foi usado. Como mencionado em 3.1, o zoneamento tem 1896 zonas (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2017) e a Cidade Universitária corresponde a apenas uma. Assim, todas as viagens que se originam ou que possuem como destino a Cidade Universitária são concentradas em apenas um ponto no seu interior. Tal aproximação é válida quando se trata de uma análise da cidade como um todo, porém para se estudar a USP de forma mais detalhada se fez necessário a criação de um zoneamento próprio para a CUASO.

Segundo os princípios de O'Neill (1991, p. 33-35), para o objeto de estudo proposto, onde se pretende contemplar as viagens realizadas exclusivamente por transporte público, dentro da cidade universitária, foram utilizados os critérios mencionados em

3.1 e também a acessibilidade ao transporte público de cada zona do campus. Na pesquisa, havia 47 institutos para se escolher o destino da viagem, os quais foram agregados em 13 Zonas com a seguinte configuração (Figura 39):

- Zona 1 – P3 (Portão 3 da Cidade Universitária), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) e Faculdade de Medicina: Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP (FOFITO);
- Zona 2 – Faculdade de Odontologia (FO), Hospital Universitário, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN);
- Zona 3 – Museu de Arqueologia e Etimologia (MAE), Prefeitura do Campus da Capital;
- Zona 4 – Instituto de Biociências (IB), Instituto de Ciências Biomédicas I, II, III e IV (ICB);
- Zona 5 – Instituto de Química (IQ), Faculdade de Ciências farmacêuticas (FCF), Arquivo Geral da USP;
- Zona 6 – Instituto de Física (IF), Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), Instituto Oceanográfico (IO), Clube dos Professores;
- Zona 7 – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA), Instituto de Matemática e Estatística (IME), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Instituto de Geociências (IGc), Praça dos bancos, Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC);
- Zona 8 – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Instituto de Estudos Brasileiros (IEB), Casa da Cultura Japonesa, Instituto Butanta;
- Zona 9 – Centro de Computação Eletrônica (CCE), Instituto de Energia e Ambiente (IEE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT); Administração da Escola Politécnica, Escola Politécnica – Departamentos da Engenharia de Produção, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Biênio;
- Zona 10 – Escola de Comunicações e Artes (ECA), Instituto de Psicologia (IP)
- Zona 11 – P2 (Portão 2 da Cidade Universitária); Escola Politécnica – Departamentos da Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Minas e Engenharia de Materiais.

- Zona 12 – Edifício da Reitoria Antiga, CRUSP e COSEAS, Museu de Arte Contemporânea (MAC), PROLAM, PROCAM e CINUSP, Instituto de Estudos Avançados (IEA), Anfiteatro Camargo Guarneri;
- Zona 13 – Faculdade de Educação (FE), CEPEUSP - Centro de Práticas Esportivas, Escola de Educação Física e Esporte (EEFE), Escola de Aplicação da Faculdade de Educação, P1 (Portão 1 da Cidade Universitária);

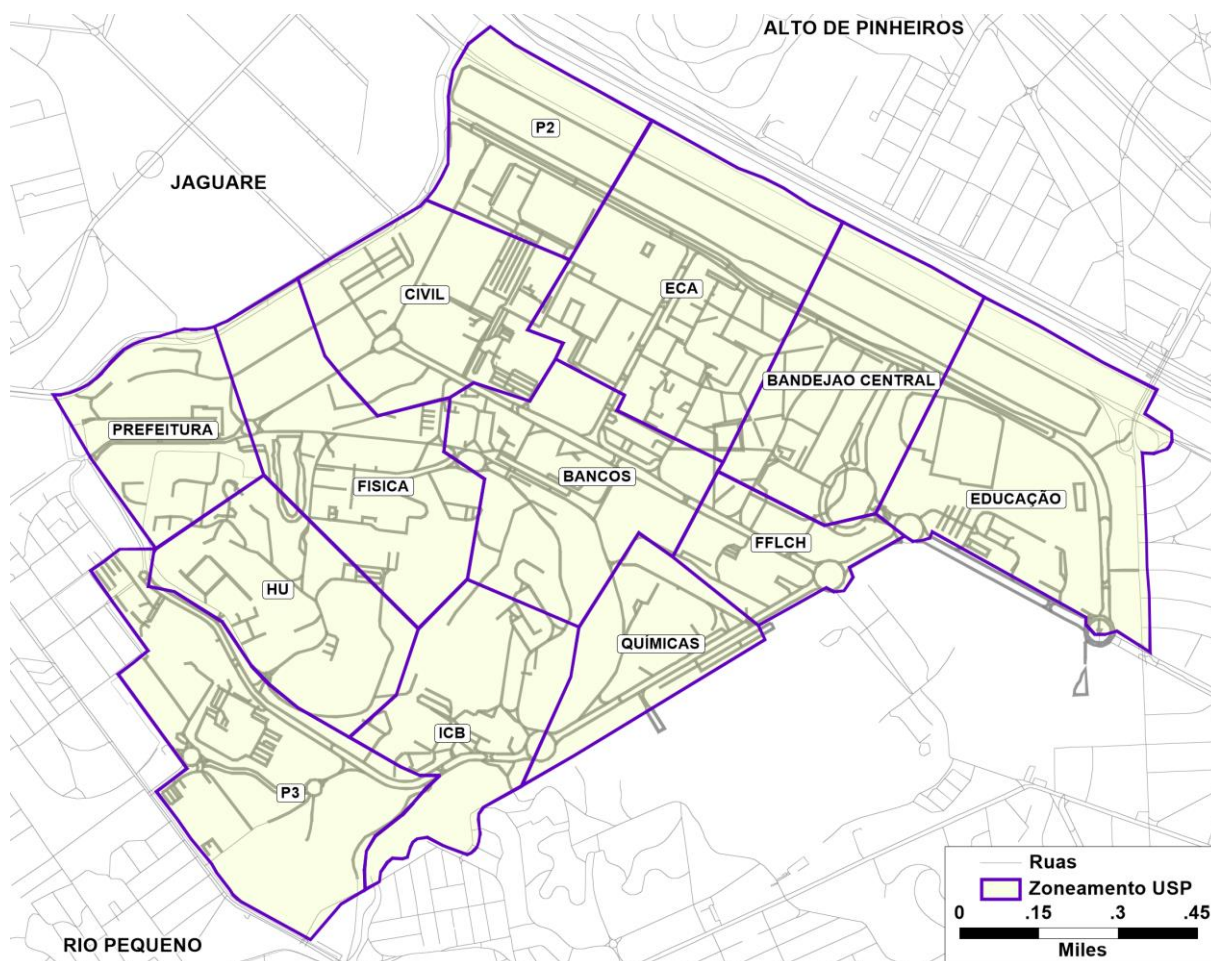


Figura 39 - Divisão da Cidade Universitária em zonas

Fonte: Autor

Com os dados gerados pela aplicação dos fatores mencionados e, principalmente, o fato de expansão, alinhados com o sub-zoneamento da USP criado, e possível criar uma matriz O-D completa, vista na Tabela 11.

Tabela 11 - Matriz Origem-Destino (O-D) criada a partir dos dados tratados e do subzoneamento da USP elaborado

ID_Zona	1900	1905	1906	1899	1898	1904	1903	1902	1912	1911	1913	1910	1901	Produção
341	56	45	0	165	69	193	77	235	196	55	76	36	27	1230
371	23	33	18	36	66	47	199	125	150	58	53	0	18	826
374	23	0	0	51	122	187	64	108	108	59	27	0	0	749
372	0	33	0	84	84	74	0	87	99	0	47	54	18	580
107	0	0	0	57	69	0	86	68	54	46	26	36	0	442
327	0	33	33	33	18	74	60	23	16	0	8	0	38	336
330	0	0	0	14	0	0	18	100	75	33	36	0	33	309
325	0	0	0	33	33	60	27	23	13	74	6	0	0	269
370	0	0	0	0	23	66	66	23	22	18	11	0	0	229
161	0	0	0	18	0	0	33	23	60	18	28	18	9	207
282	0	0	0	5	0	10	0	80	47	18	23	0	18	201
340	0	0	0	0	0	18	36	18	10	87	5	18	0	192
24	0	0	0	33	33	0	28	12	54	0	26	0	0	186
126	0	0	0	0	0	32	0	23	10	36	5	51	23	180
324	23	0	18	0	0	23	37	21	26	0	12	0	18	178
1170	23	0	0	0	14	0	0	78	26	9	12	0	14	176
223	0	0	0	0	18	0	66	16	39	0	18	0	18	175
425	0	0	0	0	0	0	69	23	0	64	0	0	18	174
337	0	0	0	0	0	0	46	61	44	0	12	0	0	163
309	0	27	0	0	0	49	33	23	16	0	8	0	0	156
...
...
Atração	838	934	310	3178	2873	3591	5176	4561	5517	3699	2424	654	884	34639

5.2.3. Análise atração de viagens

A partir do zoneamento da USP, foi possível verificar alguns indicadores de transporte obtidos da pesquisa a partir dessa divisão. Vale ressaltar que os mapas foram criados a partir dos dados obtidos pela Pesquisa de Mobilidade.

É possível notar, conforme evidencia a Figura 39, que as viagens de acesso à USP estão concentradas no eixo da Av. Professor Luciano Gualberto, uma vez que os institutos com maior número de alunos estão localizados próximos a esse eixo, como a Escola Politécnica, a Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Na mesma Figura 39, é evidente a representatividade do transporte público, uma vez que apenas 3 das 13 zonas divididas apresentam menos que 50% de transporte público.

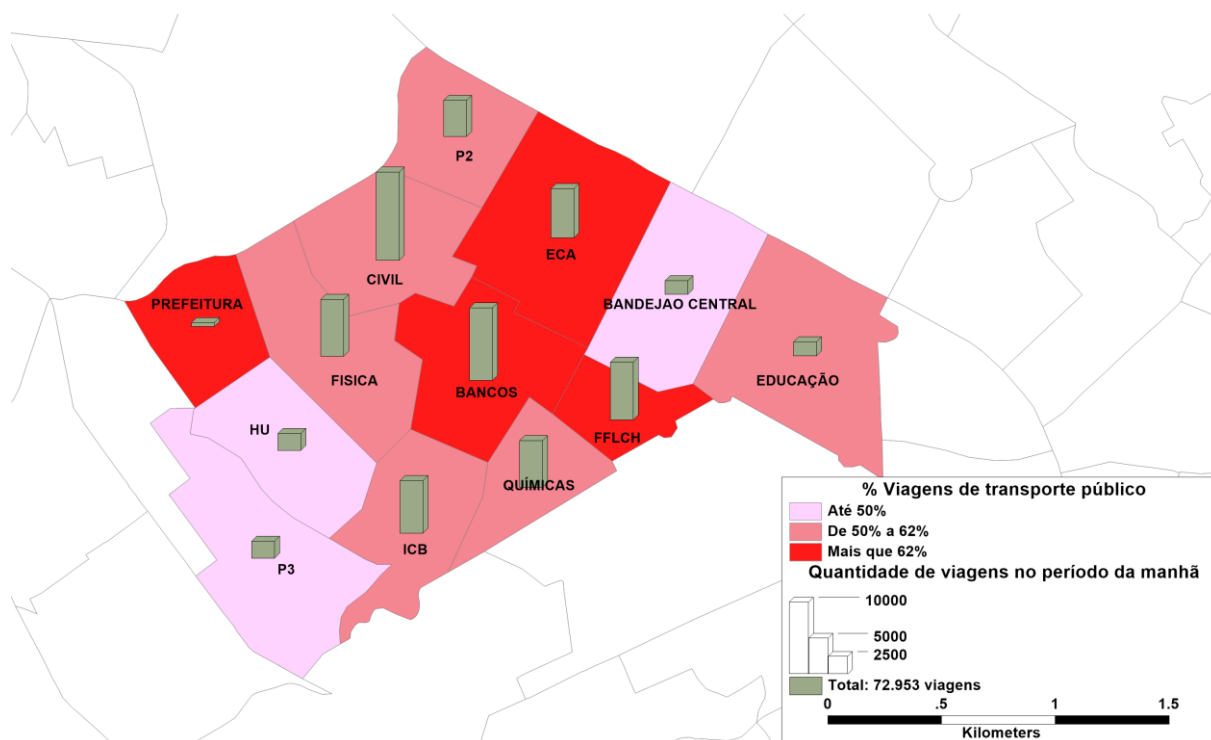


Figura 40 – Demanda de viagens e uso de transporte público em cada zona

Fonte: Autor

Na Figura 40, por sua vez, é possível notar que as viagens às zonas da USP que se encontram na parte sudoeste da cidade universitária apresentam tempo de viagem de transporte público bastante superior às viagens feitas com transporte individual motorizado. Esta relação pode ter influência do local de partida das viagens.

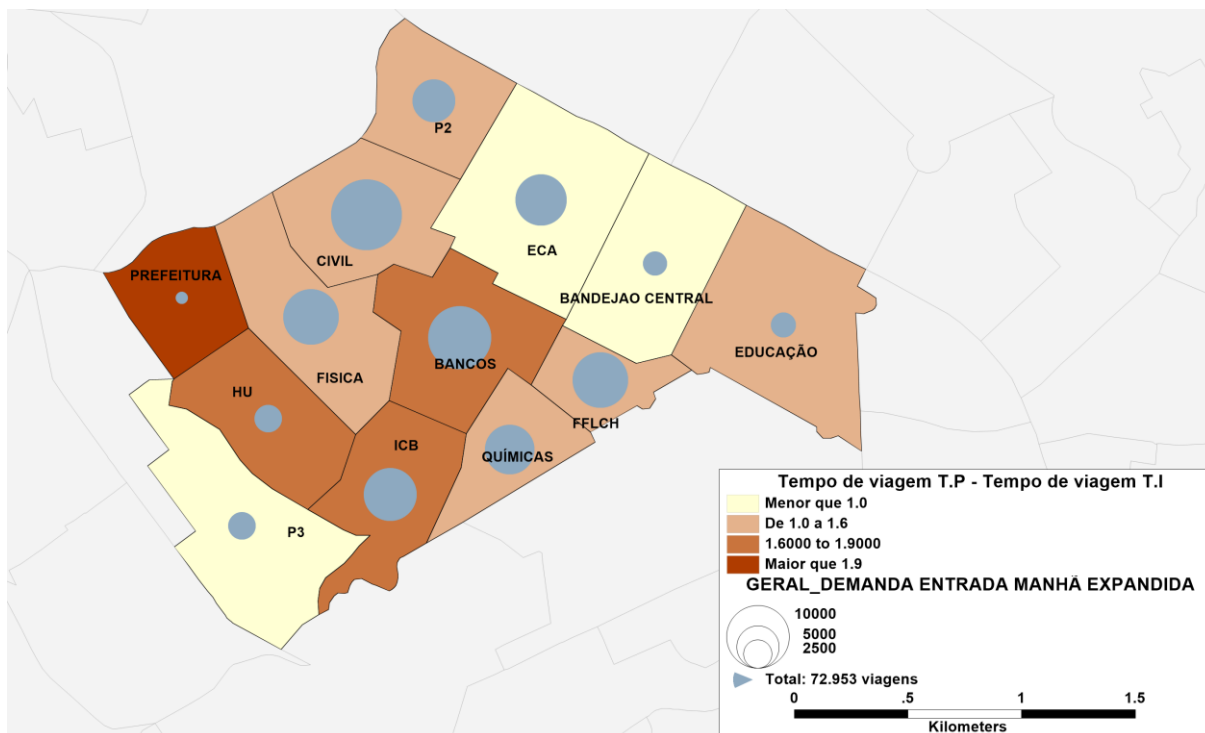


Figura 41 – Relação entre tempo de viagem do transporte público e transporte individual, associado com a demanda de viagens no período da manhã

5.2.4. Análise da geração de viagens

Como explicado no item de caracterização do modelo 4 etapas, este estágio refere-se à parte importante na criação da matriz origem destino: a obtenção do total gerado em cada zona. Através dos itens anteriores, pôde-se observar a formulação da demanda do sistema representado (origens) e, pelo zoneamento da USP, os destinos usuais dos usuários do transporte coletivo da USP. Assim, com os dados tratados da Pesquisa de Mobilidade, obteve-se alguns resultados a seguir indicados.

Primeiramente, como mostrado na Figura 42 e na Figura 43, pôde-se observar de quais locais de São Paulo as pessoas começam seus trajetos até a USP.

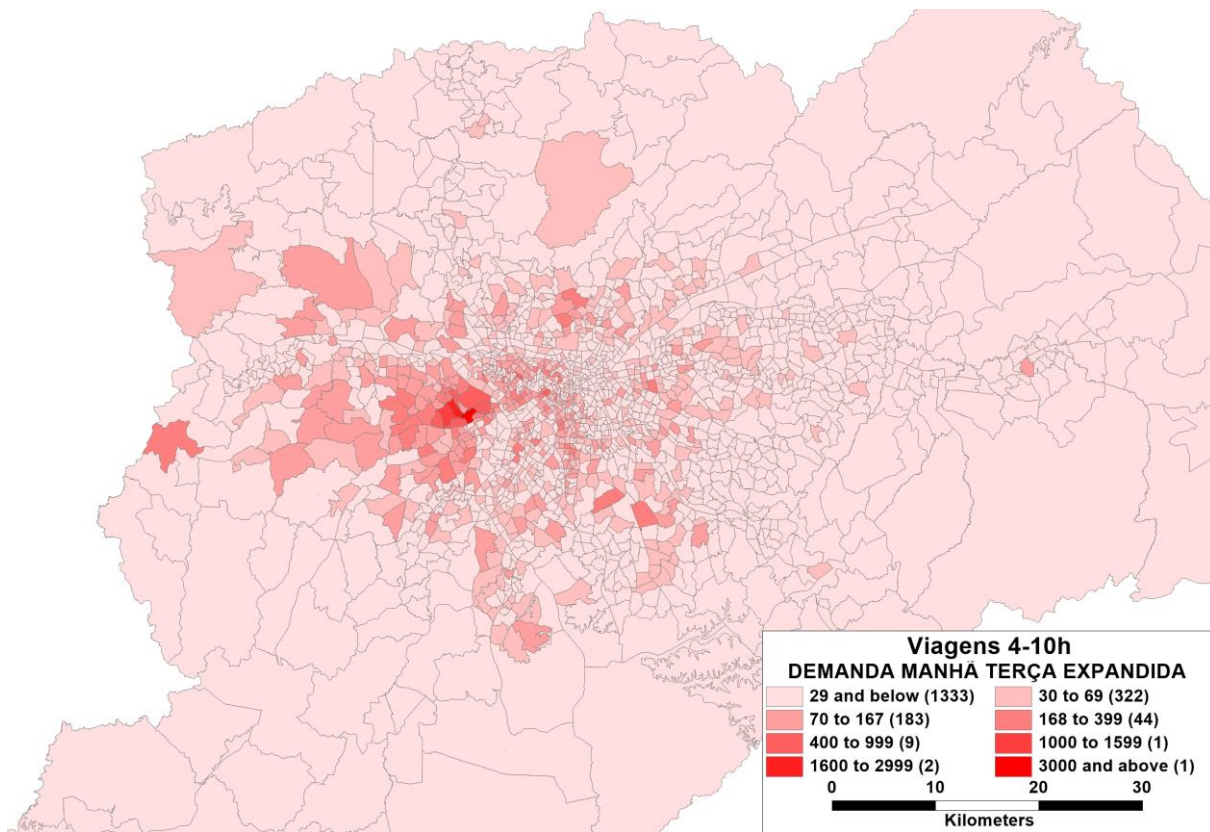


Figura 42 – Geração de viagens para a USP por zonas

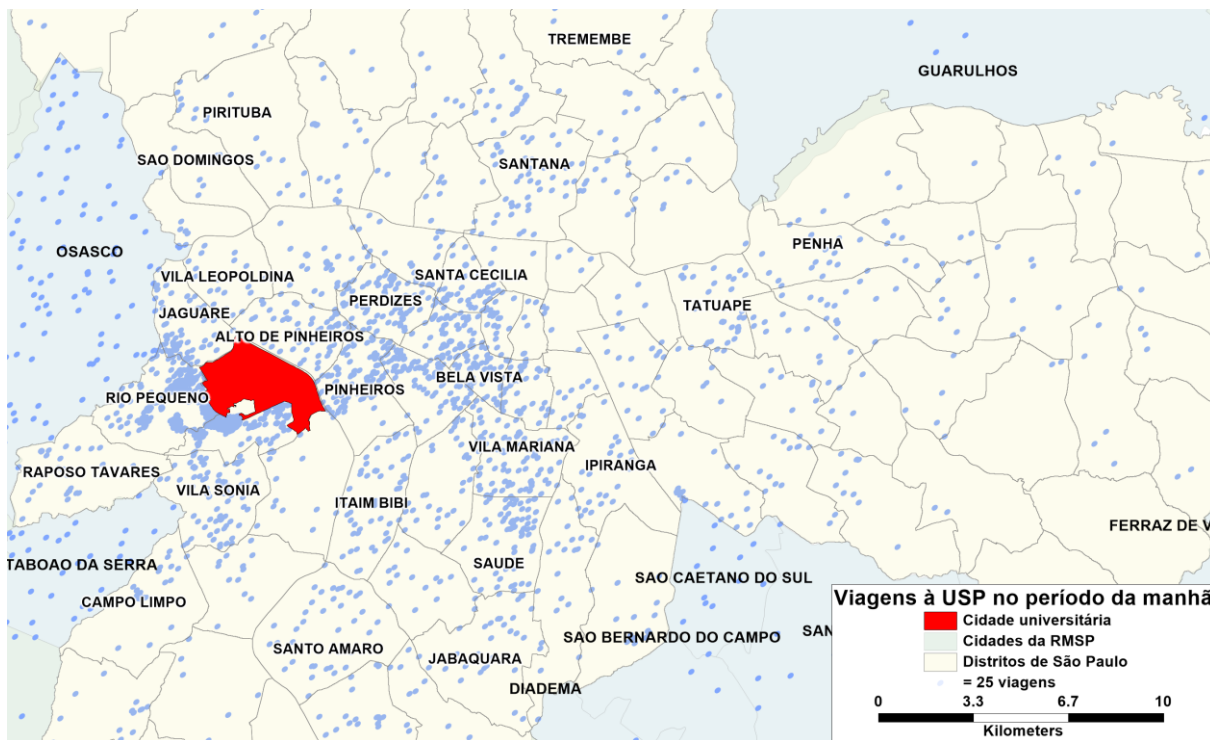


Figura 43 - Geração de viagens para a USP por bairros

Também tomando como base o modo de divisão modal enunciado na conceituação do modelo 4 etapas, pôde-se obter, através dos dados da pesquisa, a porcentagem de viagens, de um determinado bairro, que eram realizadas por transporte público para a USP. O resultado encontra-se na Figura 43.

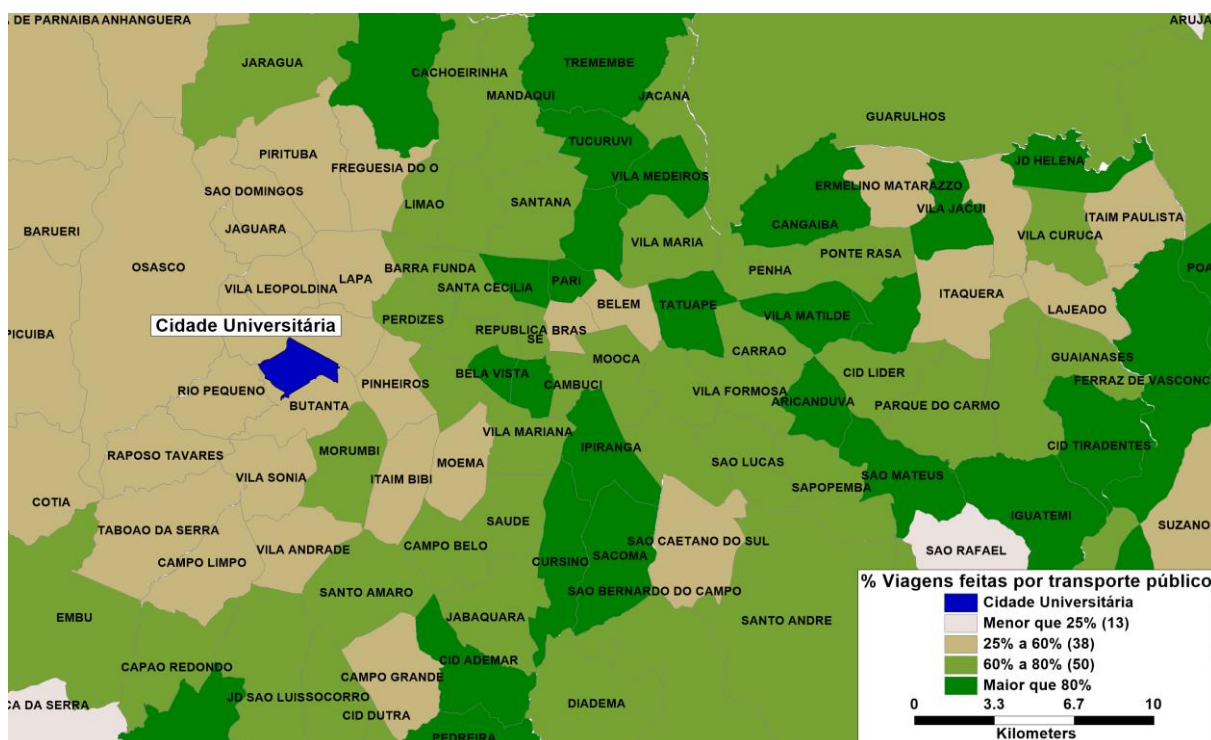


Figura 44 - % Viagens feitas por transporte público

Após a obtenção do resultado acima, achou-se pertinente observar quais bairros apresentavam maior discrepância entre tempos de locomoção com transporte público e individual. Deste modo, foi possível analisar em quais locais se faz necessário uma melhora no sistema de transporte coletivo, para que o uso de ônibus e metrô se torne competitivo. Na Figura 44 é possível justificar o porquê os moradores de São Domingos, por exemplo, vão mais para a USP com transporte individual, uma vez que a diferença, em minutos, entre escolher o carro ou o ônibus é significativa.

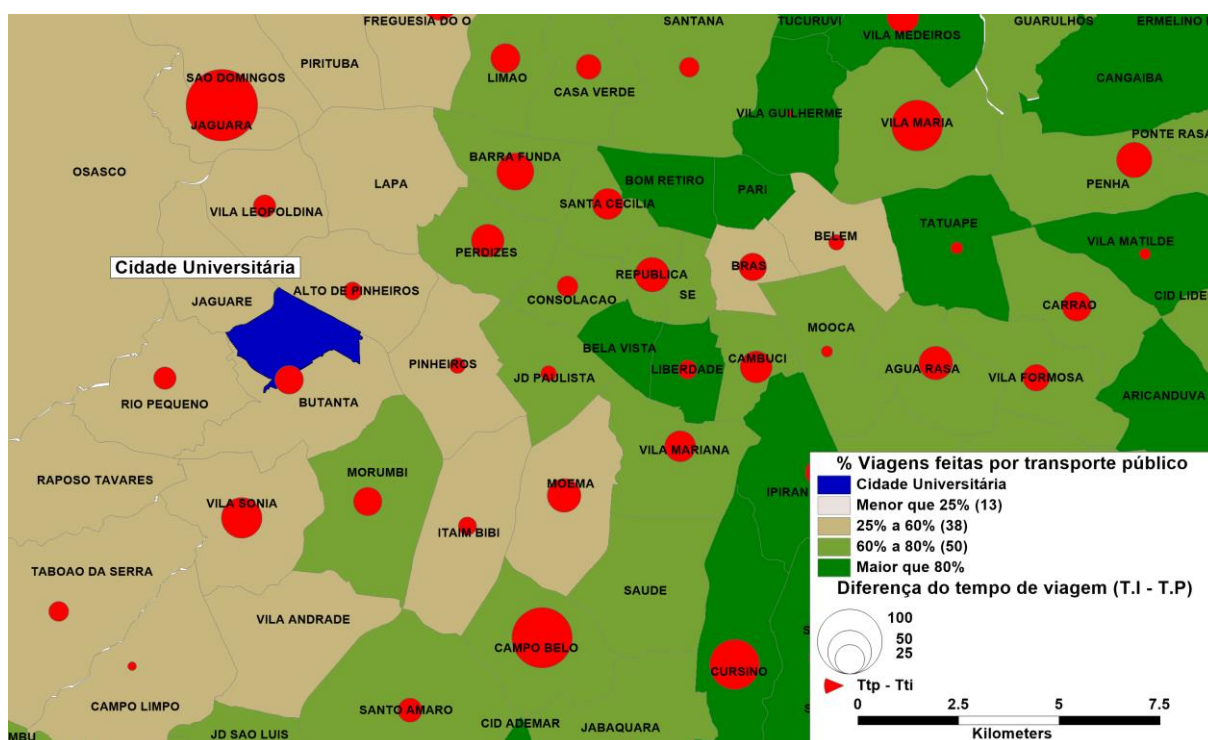


Figura 45 - % Viagens feitas por transporte público e diferença do tempo de viagem entre transporte público e individual.

5.3. Alocação de menor caminho pelo Open Trip Planner

Para avaliar o atendimento à demanda de transporte à Cidade Universitária na situação futura do edital, utilizou-se o *software Open Trip Planner (OTP)*, assim como o zoneamento final e a matriz de viagens final obtida para a alocação dos fluxos. Nas seções abaixo são detalhados a configuração do *software* e dos procedimentos necessários para utilizar o OTP.

5.3.1. Cenários de alocação

Foram estudados, inicialmente, três cenários de alocação no *Open Trip Planner*. Um dos grandes desafios de se estudar a situação futura prevista no edital de referência é a não existência dos dados de GTFS planejados da rede futura. Devido à fase inicial do edital proposto e da possibilidade de alterações até a implementação do edital, não

existe ainda um detalhamento preciso da nova rede de operação, tais como os pontos de parada e itinerários das linhas.

No entanto a agência SPTrans produziu experimentalmente um arquivo GTFS da rede de referência do edital e este arquivo foi cedido para o presente estudo. No arquivo, é importante ressaltar que foi utilizada uma simplificação e criação de pontos fictícios de ônibus para o estudo através de Chainage. Ou seja, estabeleceu-se uma distância entre os pontos de parada (100 metros) e foram gerados pontos de parada para cada linha ao longo do seu traçado.

Com o objetivo de comparar a situação atual e o edital, produziu-se também experimentalmente um GTFS da situação atual considerando a mesma estratégia para Chainage. Desta maneira, é possível compara os cenários sem que haja grandes disparidades devido à localização dos pontos de ônibus e escala horária dos serviços.

5.3.2. Configuração do servidor de rotas e script de alocação

Para utilizar o servidor de rotas, inicialmente é necessário fazer uma configuração na máquina a ser o servidor de rotas. O servidor é executado em Java e, portanto, é necessário instalar o *Java Development Kit* e o *Python*, um complemento para a linguagem Python que trabalha com os resultados em *bytecodes* do Java.

O servidor então é executado por um comando no *prompt* de comando e gera uma rede de transportes (grafo) que provê informações de itinerário combinando informações de transporte público obtidas a partir do GTFS e os trechos de viagem a pé, em bicicleta e carro do *Open Street Maps* (OSM). As requisições ao servidor são feitas por um url em que se planeja a viagem para um usuário através da requisição apresentada no URL e imagem abaixo:

```
http://localhost:8080/otp/routers/default/plan?fromPlace=-23.6229,-  
46.75364&toPlace=-23.56023,-46.725&time=7:20Am&date=23-08-  
2017&mode=TRANSIT,WALK&maxWalkDistance=804.72&arriveBy=false
```

onde,

- “fromPlace=-23.6229,-46.75364”: o centroide de origem, em latitude e longitude;

- “toPlace=-23.56023,-46.646,-79.388”: o centroide da viagem, em latitude e longitude
- “time=7:20:am” a hora desejada de partida;
- “date=23-08-2017” o dia da viagem;
- “mode=TRANSIT,WALK” modos de transporte para combinar, considerando deslocamentos a pé e em transporte público;
- maxWalkDistance=804.72, A máxima distância em metros que o usuário está disposto a caminhar;

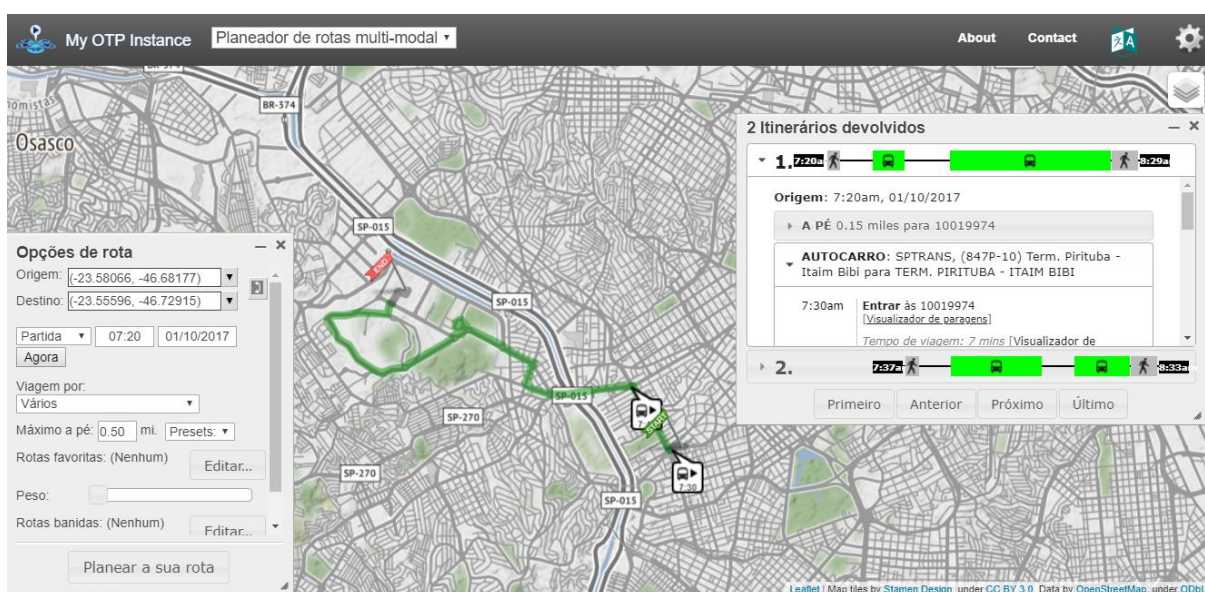


Figura 46 – Exemplo de requisição e resposta de rota pela interface do usuário

Para o propósito de se alocar os diversos pares de origens e destinos conforme o propósito do trabalho, fez-se um *script* em *python* para fazer as requisições alterando-se as origens e destinos. O horário da partida foi mantido fixo as 07:00 da manhã como uma simplificação metodológica para representar o período da manhã. A data foi também mantida fixa e de acordo com o GTFS utilizado.

Como padrão, o OTP faz uma requisição com 804.72m como distância máxima para deslocamento a pé, e esta foi mantida (equivale a meia milha). Apesar de tratar-se de uma distância elevada, que considerando uma velocidade do pedestre simplificada de $V = 1\text{m/s}$ leva a um tempo de 13 minutos de caminhada, optou-se por manter a distância com o propósito de aumentar a capacidade de busca do alocador já que os

centroides são fixos no modelo e na realidade as pessoas saem de pontos distintos da zona.

O arquivo de entrada foi composto pelos pares de origem e destino e a demanda representada por cada centroide, com os destinos às 13 zonas da USP criadas.

Para cada par de origem e latitude do servidor, guardaram-se características dos trechos da viagem com o menor tempo de viagem total na rede. Os resultados foram armazenados no formato *Comma Separated Values* (CSV) com os seguintes atributos:

- Tempo de viagem total;
- Tempo do deslocamento a pé;
- Tempo em transporte público;
- Tempo de espera para o serviço;
- Número de transferências;

Além dos atributos inerentes às viagens em si, criou-se um outro arquivo de resultado com o ponto de embarque e desembarque e a demanda correspondente em todos os serviços de transporte público utilizados para a viagem. Estes dados foram posteriormente processados para verificar a ocupação ponto a ponto das linhas pertinentes através do carregamento criado por este método de alocação pelo caminho mais curto para todos os pares.

5.3.3. Ocupação ponto a ponto

Inicialmente, os resultados de demanda obtidos pelo OTP podem ser comparados com o carregamento obtido pela análise de bilhetagem. Esses valores apresentam divergências por serem frutos de estimativas diferentes. Os resultados encontrados, tanto para o período da manhã como para a hora pico da manhã estão na Tabela 12. Vale ressaltar que a diferença se dá pelo possível superdimensionamento da demanda que chega à USP devido ao método de expansão da amostra obtida pela análise da Pesquisa de Mobilidade escolhido. O tratamento dos dados levou em conta usavam transporte individual para chegar à CUASO.

Tabela 12 - Valores de carregamento pela análise de bilhetagem e OTP

Situação	Rede atual						
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Carregamento ao entrar na USP (PM) (Bilhetagem)	Carregamento ao entrar na USP (HPM) (Bilhetagem)	Demanda OTP (PM)	Demanda OTP (HPM)	Bilh. OTP
Extinta	701U-10	768	218	72	230	76	0,95
Encurtada	702U-10	510	392	129	2886	954	0,14
	177H-10	340	241	80	0	0	N/A
Alterada	7181-10	425	184	61	43	14	N/A
	809U-10	425	161	53	1633	540	0,10
	7725-10-1	222	178	59	200	66	0,89
	7725-10-0	222	163	54	176	58	0,92
Mantida	7411-10	425	179	59	0	0	N/A
	8012-10	765	5301	2194	13647	4513	0,24
	8022-10	850			11077		0,30
	Total	4952	7017	2316	29892	9885	0,23

Com os resultados obtidos na alocação simplificada é possível comparar a ocupação das linhas considerando apenas a demanda que tem como destino a Cidade Universitária em cada ponto no cenário atual e no cenário proposto pelo edital. As linhas 6.00.48 (Metrô Santana – Terminal Pinheiros) e 6.00.24 (Praça da Sé – CUASO) não apresentam demanda significativas por passageiros com destino à Cidade Universitária. Vale reforçar que as representações de carregamento mostradas foram criadas apenas com a demanda de usuários da USP.

- 3.00.15 – Terminal Pq. D. Pedro II – Terminal Pinheiros

Essa linha representa a antiga linha 702U-10 que foi encurtada. Como a linha deixa de ser uma linha direta para a USP, a sua ocupação por passageiros com destino à USP diminuiu consideravelmente. Em valores absolutos a antiga linha possuía uma ocupação máxima de 2886 passageiros contra 103 da nova linha. É importante ressaltar também que o local onde essa ocupação máxima ocorre varia já que com a 702U os passageiros a utilizavam para ir diretamente para a USP enquanto que com a 3.00.15 os passageiros a utilizam como uma linha de transferência para chegar em alguma linha direta para a USP.

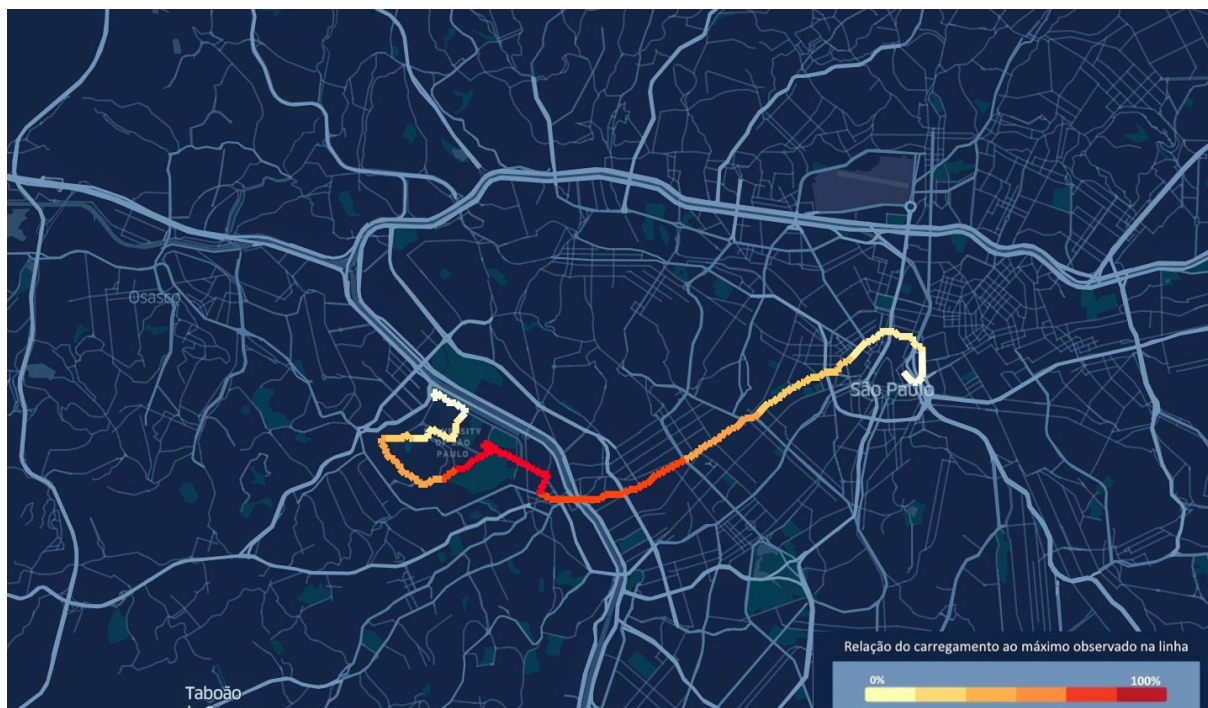


Figura 47 - Carregamento simulado da linha 702U-10

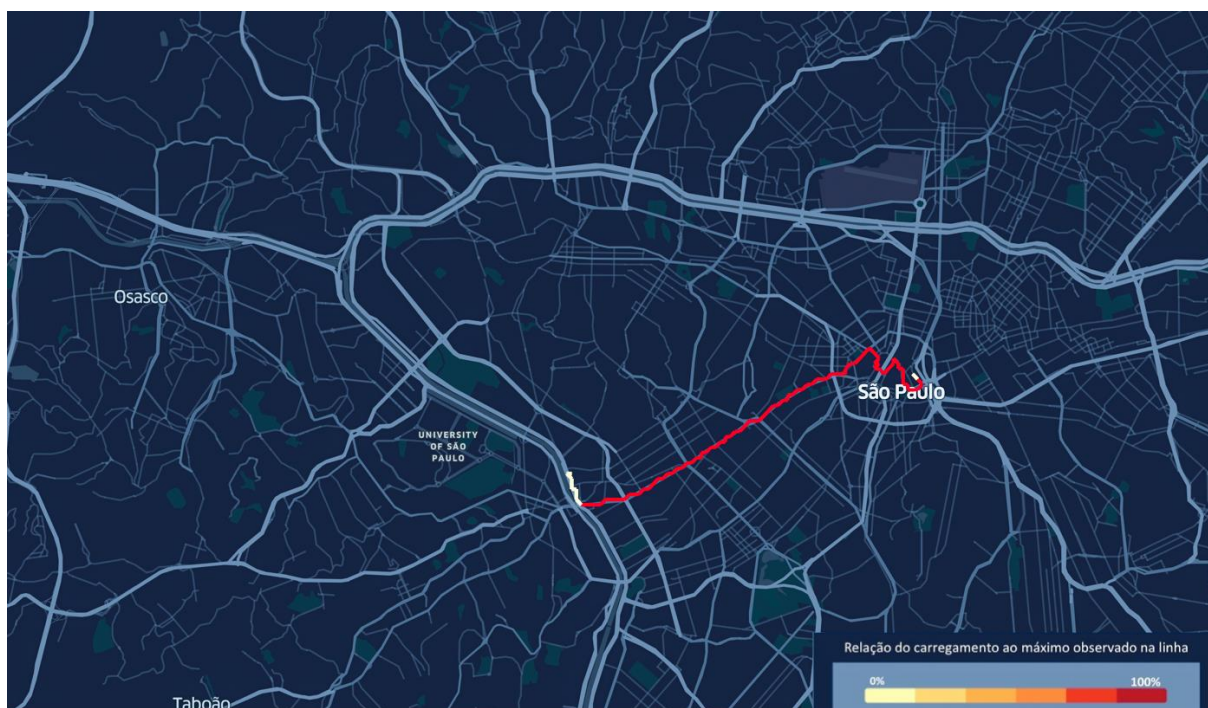


Figura 48 - Carregamento simulado da linha 3.00.15

- 3.08.25 – Terminal Pq. D. Pedro II – Terminal Pinheiros

Como esta linha reúne 3 linhas que foram alteradas, a sua ocupação é consideravelmente maior do que cada uma das linhas analisadas individualmente.

Assim, a nova linha possui uma ocupação máxima de 873 enquanto somente a linha 7181 possui uma ocupação máxima de 43 passageiros. A Linha 930P que tinha como ponto final o Terminal Pinheiros e a Linha 908T que tinha como ponto final o terminal Butantã possuíam uma ocupação máxima de 64 e 56 passageiros respectivamente, mesmo não tendo um ponto final dentro da Cidade Universitária

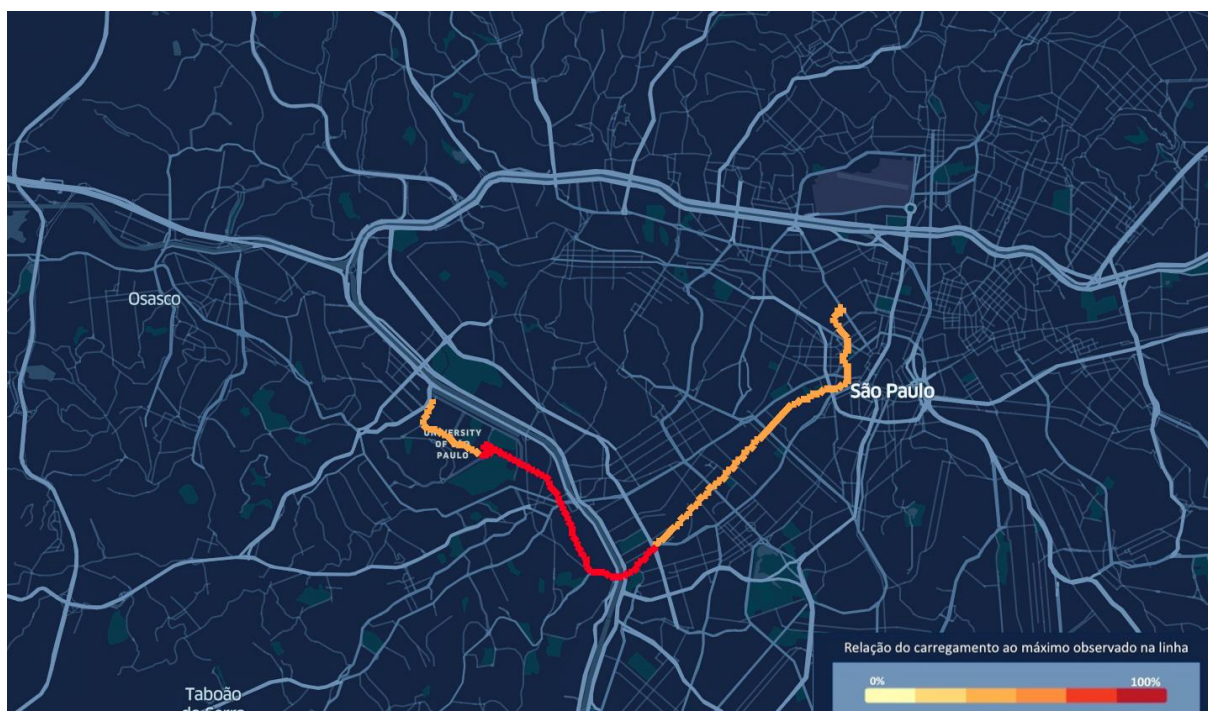


Figura 49 - Carregamento simulado da linha 7181-10

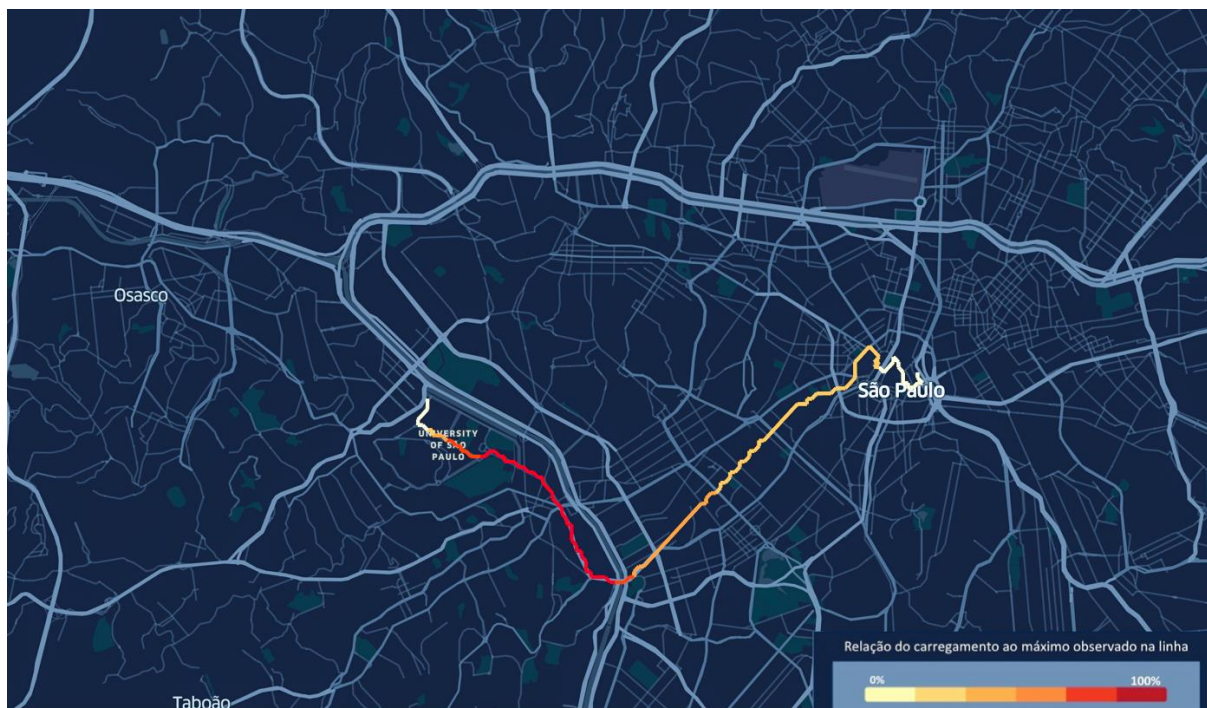


Figura 50 - Carregamento simulado da linha 3.08.25

- 3.08.28 – Metro Vila Madalena - CUASO

A nova Linha 3.08.28 que substitui a antiga 809U (Metro Barra Funda - CUASO) se mostrou uma das linhas mais carregadas na simulação com as condições do edital e também nas condições com as linhas atuais. A linha antiga apresentava um carregamento máximo de 1633 passageiros que ocorre no seu trecho próximo da Marginal Pinheiros. Já a linha 3.08.28 apresenta um carregamento máximo de 3878 passageiros que ocorre também em seu trecho mais próximo da Marginal Pinheiros. Vale ressaltar, porém, que enquanto a nova linha apresenta um grande carregamento desde o seu início no metro Vila Madalena, a linha antiga não apresenta um carregamento significativo no trecho Metro Barra Funda até o Metro Vila Madalena. Tal constatação reforça o objetivo de troncalização do edital.

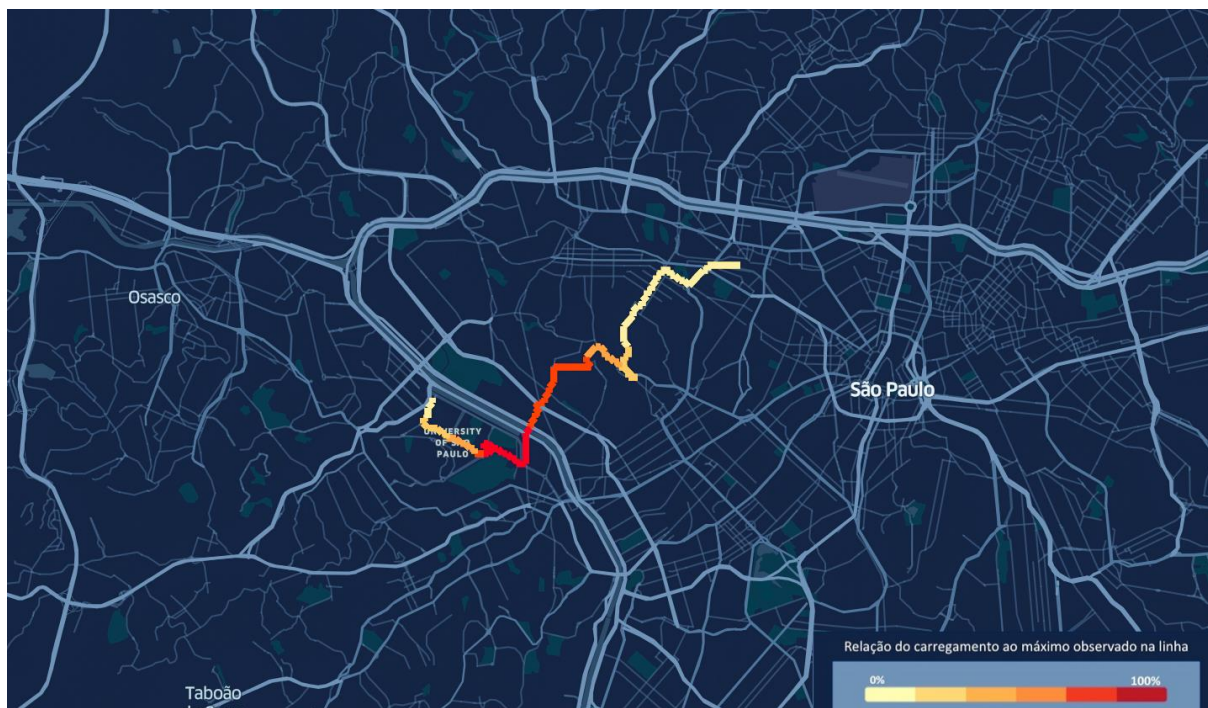


Figura 51 - Carregamento simulado da linha 809U-10

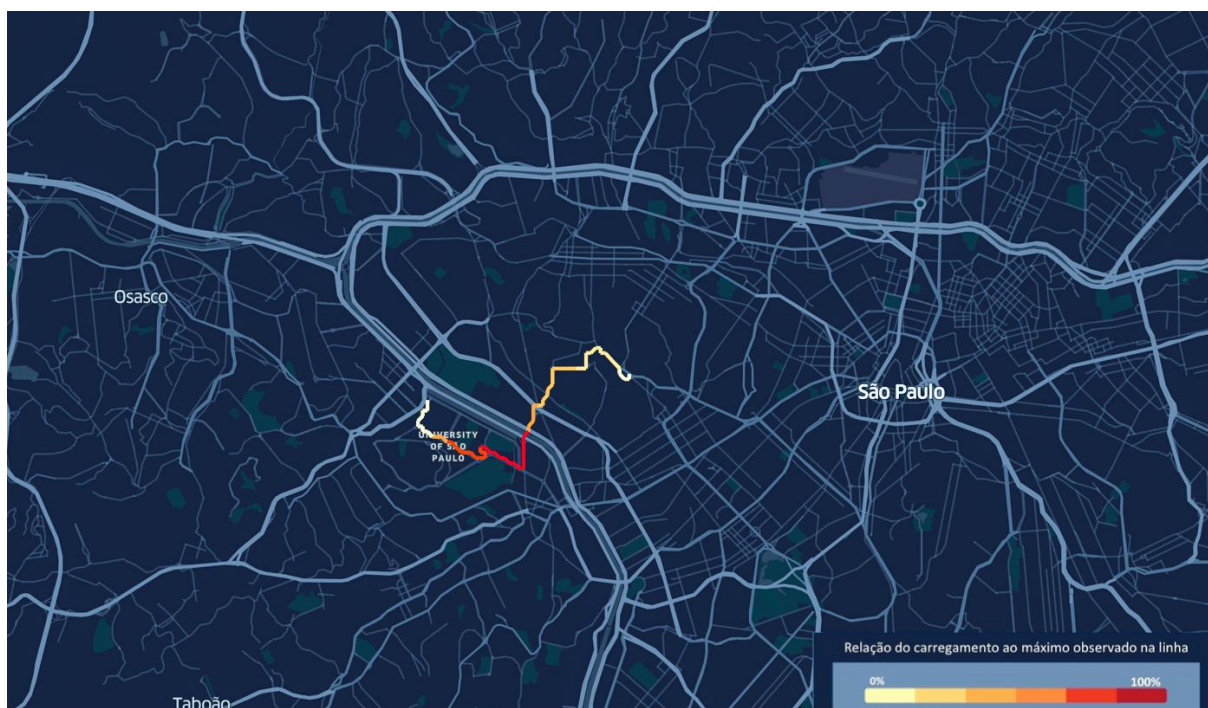


Figura 52 - Carregamento simulado simulada da linha 3.08.28

- 4.20.17 – Rio Pequeno – Terminal Pinheiros

A linha 7725 (Terminal Lapa – Rio Pequeno) não passava pelo Terminal Pinheiros como a linha proposta 4.20.17. Essa mudança é o principal motivo da nova linha ser

muito mais carregada do que a antiga já que o Terminal Pinheiros apresenta uma integração com o Metrô e com a CPTM. A linha nova possui uma ocupação máxima de 3835 passageiros que ocorre no sentido terminal pinheiros – Rio Pequeno. Já no sentido oposto a ocupação máxima é de 1446 passageiros. A linha 7725 possui uma ocupação máxima de apenas 200 passageiros no sentido Terminal Lapa – Rio Pequeno e no sentido oposto uma ocupação de 176 passageiros.

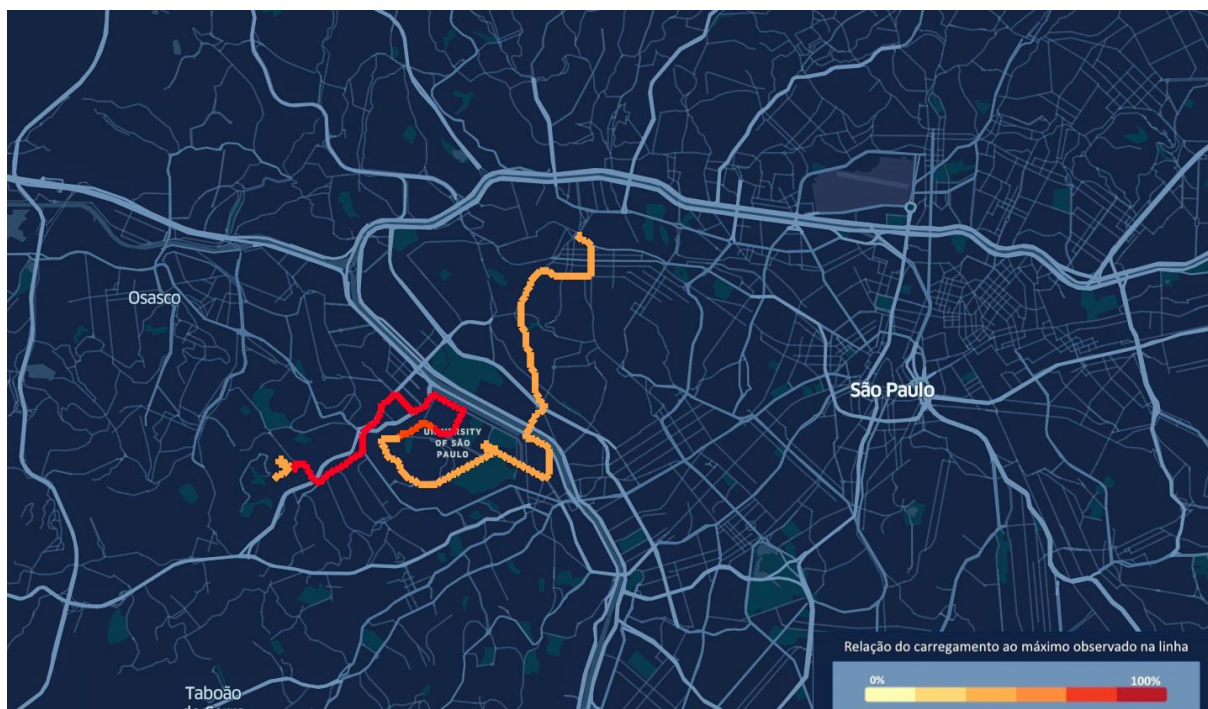


Figura 53 - Carregamento simulado da linha 7725-10-0

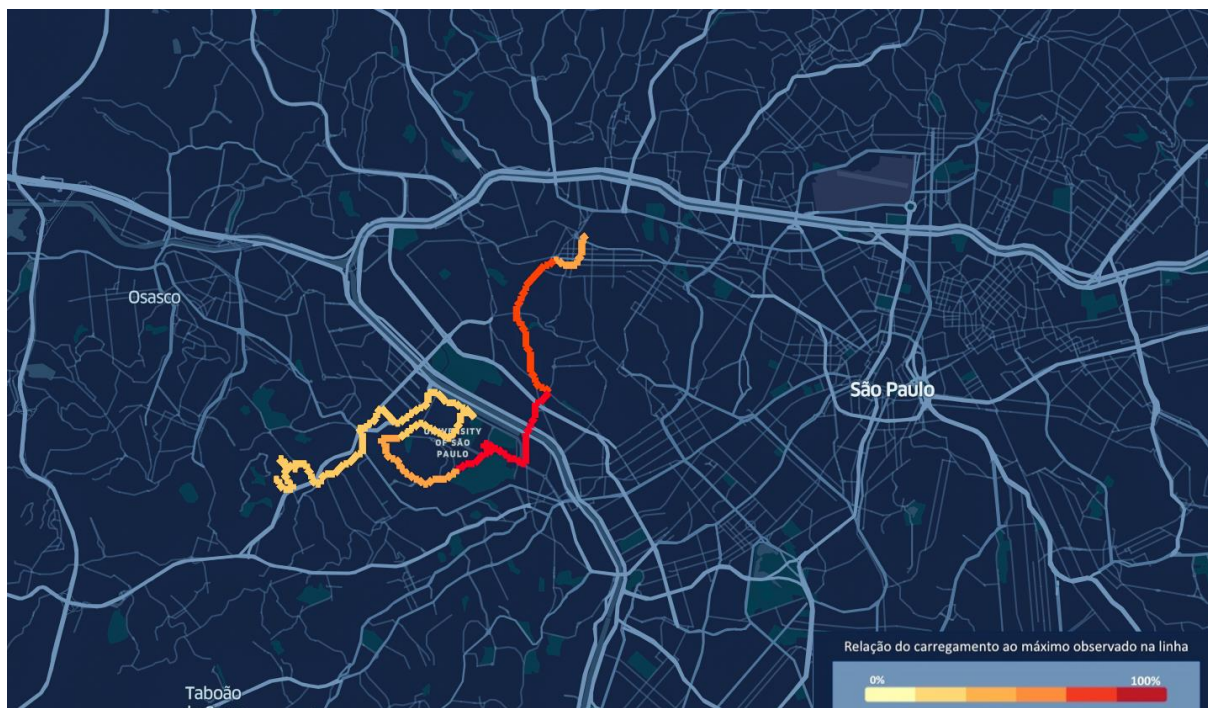


Figura 54 - Carregamento simulado da linha 7725-10-1

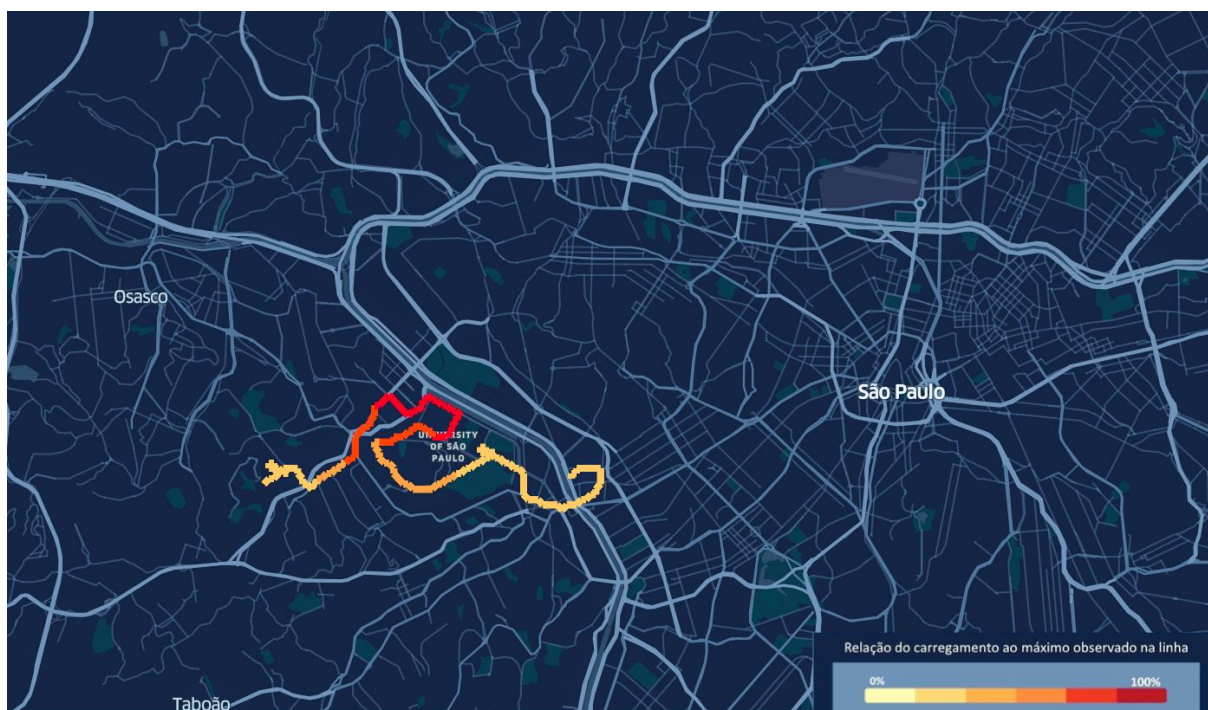


Figura 55 - Carregamento simulado da linha 4.20.17-1

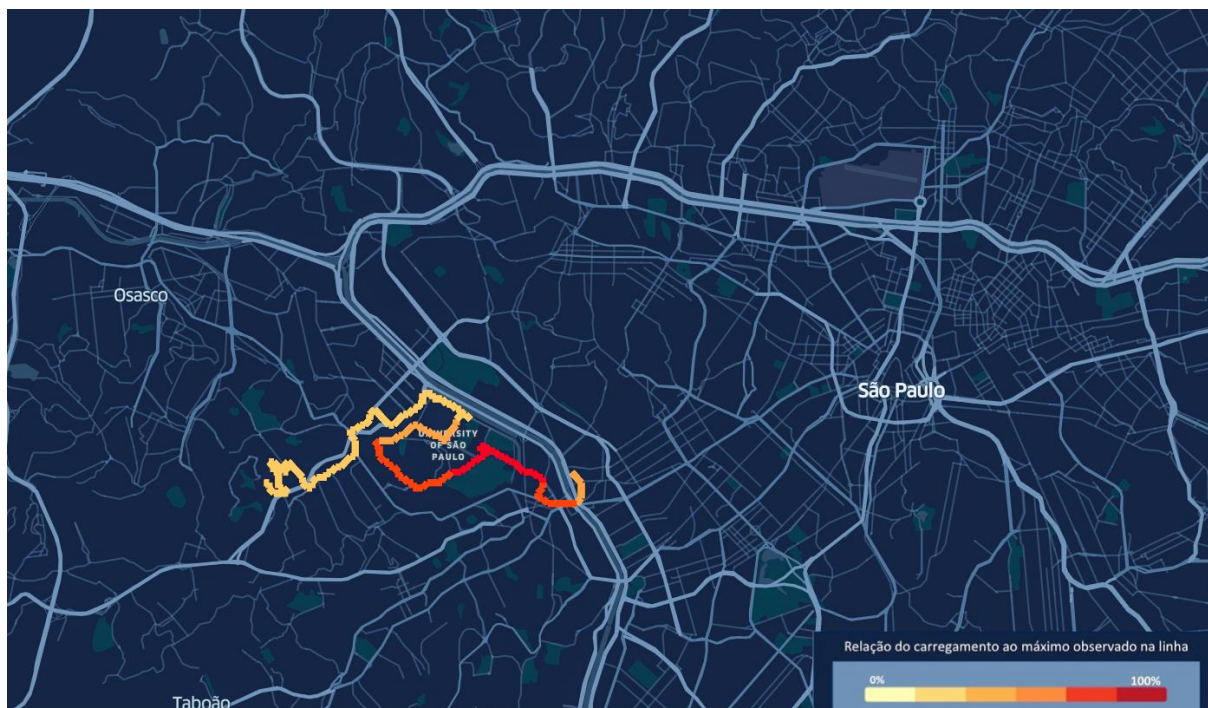


Figura 56 - Carregamento simulado da linha 4.20.17-2

- 4.20.14 – Circular 1 e 4.20.15 – Circular 2

As linhas Circular 1 e Circular 2 não sofreram alterações em seus trajetos e o resultado na simulação apresentou valores bem semelhantes com um valor máximo de ocupação de 12628 na situação atual e 11213 na simulação com os dados do edital para o Circular 1 e de 10820 na situação atual e de 7233 com os dados do edital para o Circular 2. Tal variação pode ser explicada pelo aumento de pessoas que embarcam em outros terminais como na linha 4.20.17 do Terminal Pinheiros. É possível observar ainda que as linhas apresentam uma ocupação ponto a ponto semelhante em cada trecho.

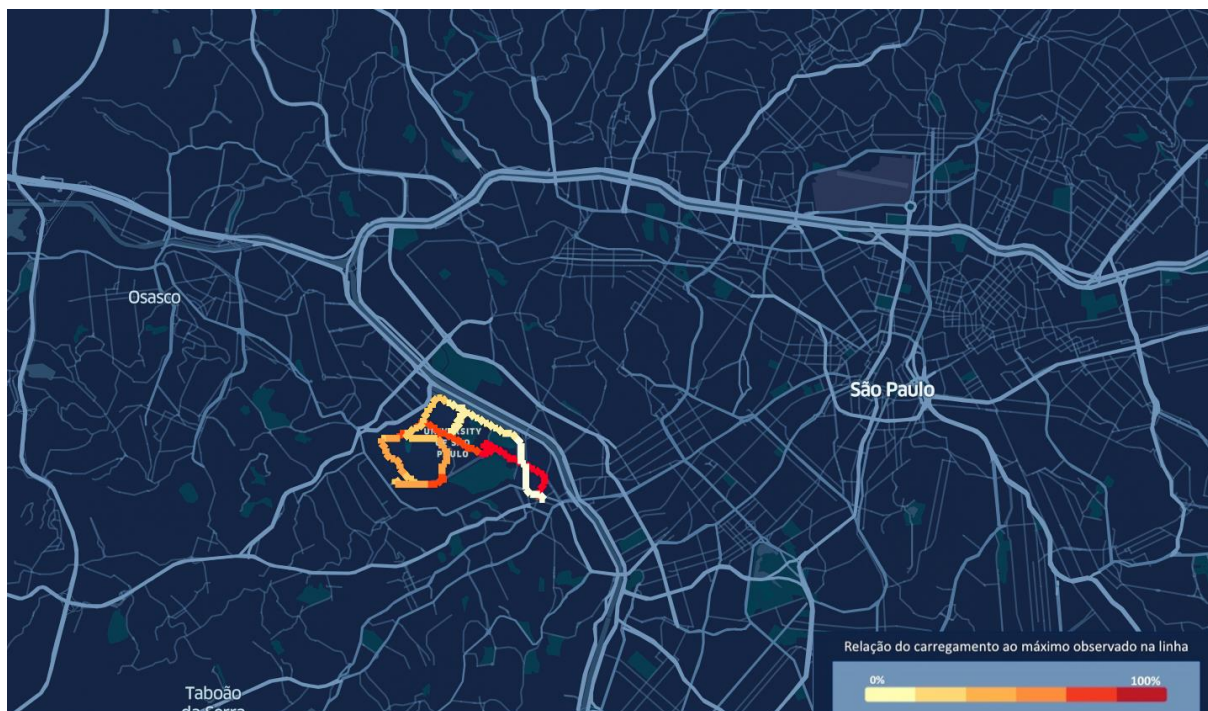


Figura 57 - Carregamento simulado da linha 8012-10 (Circular 1)

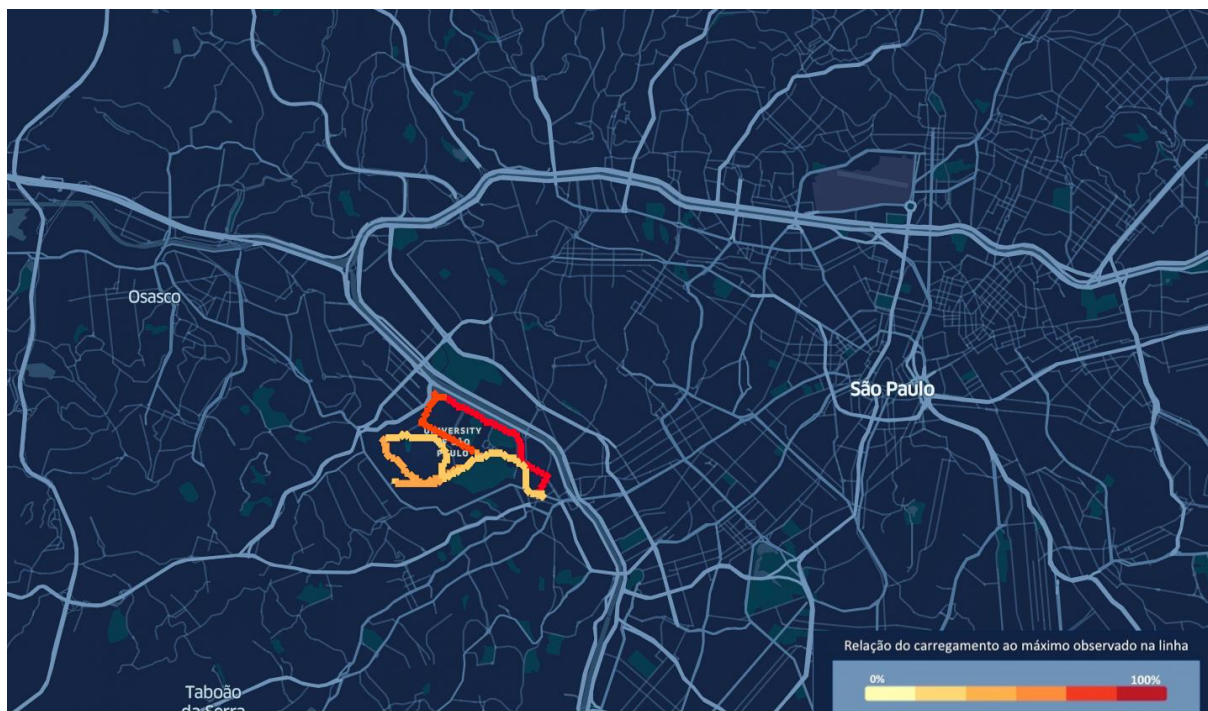


Figura 58 - Carregamento simulado da linha 8022-10 (Circular 2)

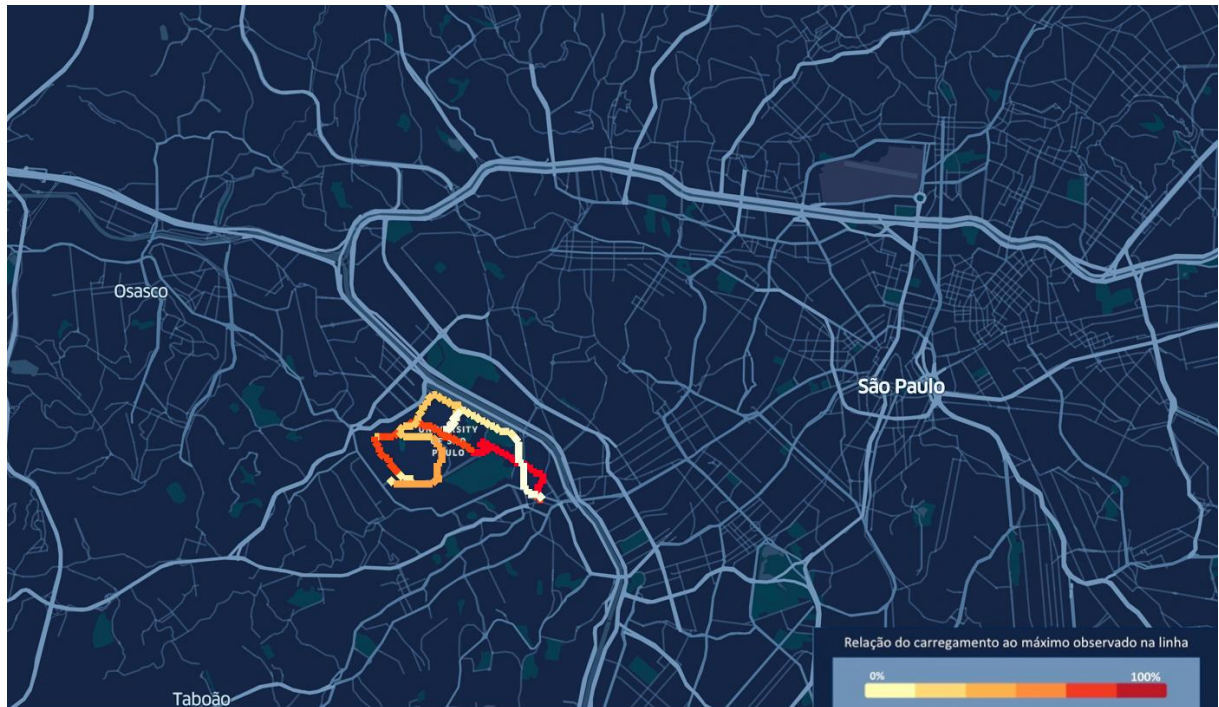


Figura 59 - Carregamento simulado da linha 4.20.14 (Circular 1)

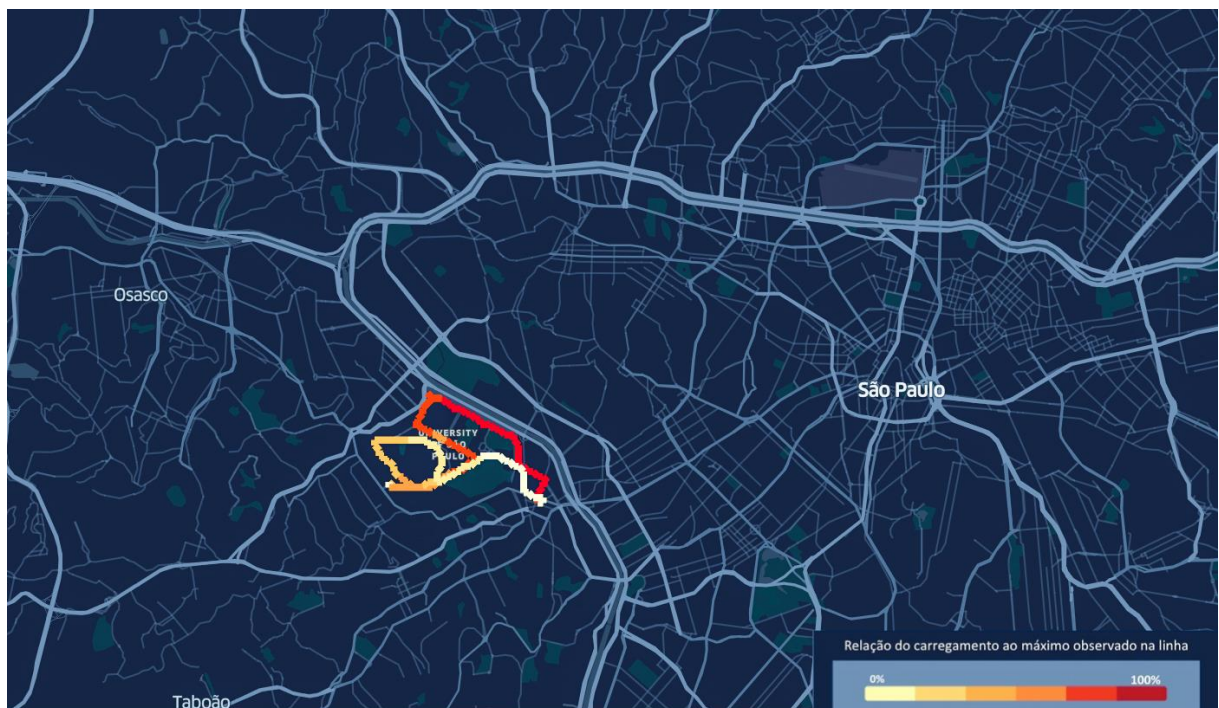


Figura 60 - Carregamento simulado da linha 4.20.15 (Circular 2)

5.3.4. Capacidade e ocupação geral

Os resultados obtidos de demanda na alocação simplificada pelo OTP podem ser cruzados com as capacidades das linhas que servem USP, seja na situação atual, na proposta pelo edital ou em alguma hipótese pertinente. Para isso, através dos dados para cada par O-D com destino na universidade, pôde-se fazer uma análise individual de cada linha e a situação geral com base no indicador Demanda/Capacidade. A Tabela 13 é responsável por trazer esta análise. A coluna “Dif. Dem/Cap” traz a variação do valor do indicador criado para a rede proposta em relação ao valor do mesmo indicador para a rede atual. Vale ressaltar que, como “Demanda” encontra-se no numerador da fração e “Capacidade”, no denominador, o indicador representa a ocupação geral da linha, onde valores menores fazem menção a melhores níveis de serviço.

Tabela 13 – Análise de ocupação para os cenários atual e edital

Situação	Rede atual				Rede proposta				Dif. <u>Dem</u> <u>Cap</u>
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Demanda OTP (HPM)	<u>Dem</u> <u>Cap</u>	Cód.	Capacidade [pass/h]	Demanda OTP [Viagens HPM]	<u>Dem</u> <u>Cap</u>	
Extinta	701U-10	768	76	0,10	-	0	0	N/A	*
Encurtada	702U-10	510	954	1,87	3.00.15	1280	0	N/A	**
	177H-10	340	0	N/A	6.00.48	467,5	0	N/A	**
Alterada	7181-10	425	14	0,03	3.08.25	1664	304	0,18	↓ -445,3%
	809U-10	425	540	1,27	3.08.28	425	1332	3,14	↓ -146,7%
	7725-10-1	222	66	0,30	4.20.17-1	250	499	1,99	↓ -569,6%
	7725-10-0	222	58	0,26	4.20.17-2	250	1298	5,19	↓ -1880,8%
Mantida	7411-10	425	0	N/A	6.00.24	425	8	0,02	N/A
	8012-10	765	4513	5,90	4.20.14	1020	3889	3,81	↑ 35,4%
	8022-10	850	3663	4,31	4.20.15	765	2578	3,37	↑ 21,8%
	Total	4952	9885	2,00	Total	4799	9907	2,06	↓ -3,4%

* Linha extinta

** Linha encurtada. Não atende mais a USP

*** Não houve alocação de demanda

**** Não existia no cenário atual

No cenário atual, é possível observar que há uma grande alocação de usuários nas linhas 702U, 809U e nos circulares. Já no cenário do edital, a alocação é restringida pelas mudanças que ocorrerão: a extinção da 701U e encurtamento da 702U e 177H.

Na última linha tabela, onde os valores totais são mostrados, percebe-se um leve aumento de demanda e uma leve diminuição de oferta. A primeira, acontece devido à alocação por custo generalizado do OTP, uma vez que o *script* permite que o usuário chegue ao seu destino a pé. A segunda, por sua vez, acontece devido às mudanças de operação do edital, como alteração no tipo de veículo e no *headway* dos ônibus. Percebe-se, concluindo, que a rede do edital faz com que a relação entre demanda e capacidade decresça em 3,4%, ou seja, presume-se que as linhas que entram na USP terão maior lotação do que têm atualmente.

Entretanto, vale mencionar que, devido à ociosidade da capacidade de algumas linhas ao entrar na USP, exemplificadas no item 5.1 pela análise de bilhetagem, o edital da SPTrans foi pensado para reduzir esta situação e, de modo geral, cumpre a expectativa inicial. As únicas linhas que apresentam menor valor na relação Dem/Cap são os circulares, cuja situação atual de sobredemanda mostra que realmente o conjunto destas linhas deve ter capacidade aumentada ou demanda aliviada por alternativas.

Por fim, como a linha 7725 passará a atender o metrô Pinheiros, a simulação alocou considerável quantidade de usuários para ela. Vale ressaltar que isto ocorre porque a alocação tem base no modelo de custo generalizado adotado neste trabalho que, por sua vez, não leva em conta o custo monetário da passagem ou a lotação da linha, o que podem ser fatores determinantes na escolha do usuário entre esta linha e os circulares do metrô Butantã. Desse modo, uma nova simulação foi feita desconsiderando a nova linha 7725 do sistema e considerando o pior cenário possível: o que todos os usuários decidirão por usar os circulares. Para isso, o itinerário foi retirado da simulação e, portanto, não serviria à USP. Os resultados encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14 – Análise de ocupação para o cenário atual e o cenário edital sem se considerar a nova linha 7725 entre o Rio Pequeno e o Terminal Pinheiros

Situação	Rede atual				Rede proposta				Dif. Cap Dem (s/ RP-TP)
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Demanda OTP (HPM)	Dem Cap	Cód.	Capacidade [pass/h] (s/ RP-TP)	Demanda OTP (s/ RP-TP) [Viagens HPM]	Dem Cap (s/ RP-TP)	
Extinta	701U-10	768	76	0,10	-	0	0	N/A	*
Encurtada	702U-10	510	954	1,87	3.00.15	1280	0	N/A	**
	177H-10	340	0	N/A	6.00.48	467,5	0	N/A	**
Alterada	7181-10	425	14	0,03	3.08.25	1664	326	0,20	↓ -486,3%
	809U-10	425	540	1,27	3.08.28	425	1482	3,49	↓ -174,5%
	7725-10-1	222	66	0,30	4.20.17-1	0	0	N/A	N/A
	7725-10-0	222	58	0,26	4.20.17-2	0	0	N/A	N/A
Mantida	7411-10	425	0	N/A	6.00.24	425	8	0,02	N/A
	8012-10	765	4513	5,90	4.20.14	1020	4300	4,22	↑ 28,5%
	8022-10	850	3663	4,31	4.20.15	765	3746	4,90	↓ -13,6%
Criada	-	-	-	N/A	Circular 3		0	N/A	N/A
	Total	4952	9885	2,00	Total	4299	9861	2,29	↓ -14,9%

* Linha extinta

** Linha encurtada. Não atende mais a USP

*** Não houve alocação de demanda

**** Não existia no cenário atual

Como pode ser observado, caso essa hipótese se comprove, haverá uma piora ainda mais considerável em relação ao cenário atual (14,9%), uma vez que a quantidade de lugares ofertados diminui e a demanda permanece quase inalterada (pequenas variações devido aos passageiros que escolhem fazer viagens a pé).

Em resumo, os gráficos a seguir são responsáveis por transmitir, de forma simplificada, as informações citadas neste item. O Gráfico 12 traz os dados referentes à soma das capacidades das linhas que entram na USP para as situações analisadas e o Gráfico 13, a relação entre os valores do indicador criado Capacidade/Demanda. As demandas obtidas não foram traduzidas em gráficos por apresentarem pouca variação.

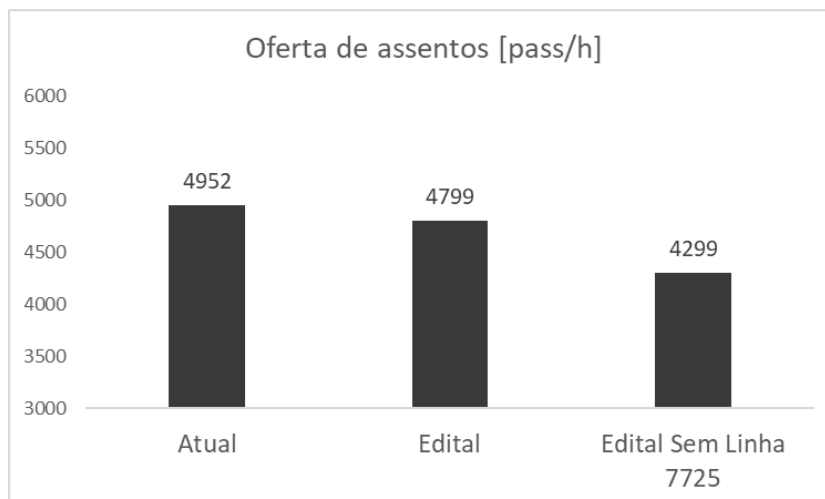


Gráfico 12 - Comparativo da capacidade.

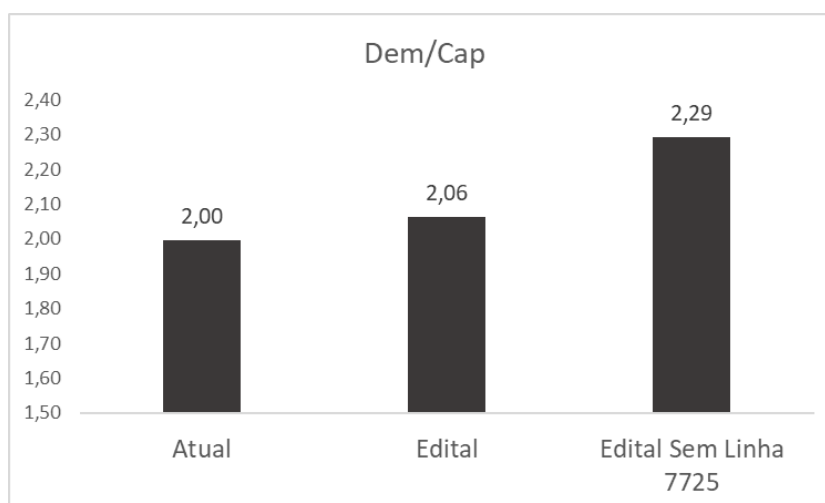


Gráfico 13 - Comparativo de ocupação média do sistema, considerando todas as linhas.

5.3.5. Transferências

Para a análise dos principais pontos de transferência da situação atual e do edital, foram usados os dados obtidos pela alocação simplificada realizada pelo *Open Trip Planner*. O tratamento dos dados permitiu que as demandas de cada linha de ônibus e metrô/trem pudessem ser sobrepostas e, assim, que os pontos de transferência com maior destaque fossem encontrados. Vale ressaltar que, com o intuito da representação ser fiel à realidade, cada transferência foi multiplicada pela demanda que a estivesse realizando. Isso ocorreu devido à percepção de que a transferência de um par O-D representativo, que trazia muita demanda consigo, era tratada do

mesmo modo que a de um par O-D que estivesse levando apenas um usuário para a USP. Os números de transferências totais para cada cenário encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Quantidade e transferências realizadas

Transferências	
Atual	56658
Edital	58438
Edital sem 7725	59481

Nota-se, no cenário do edital sem modificações, que o número de transferências cresceu 3,14% em relação ao cenário atual. A Figura 60 traz o mapa de como as transferências estão distribuídas na situação atual, anterior à implantação do edital, onde é possível observar que a maior quantidade de transferências se encontra no eixo da linha 4 amarela do metrô, atingindo o ponto de maior representatividade na Estação Butantã. A Figura 61, por sua vez, representa uma estimativa de como as transferências estarão representadas após a implantação do edital

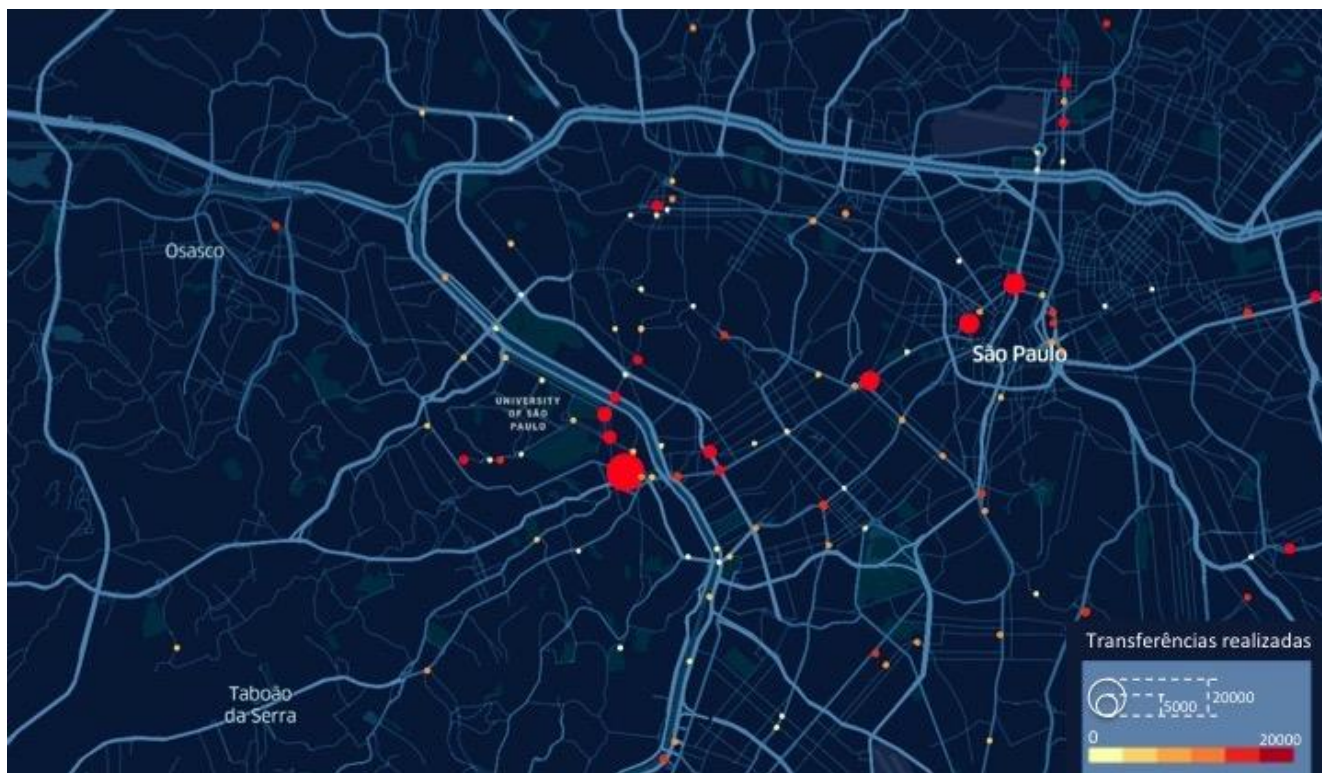


Figura 61 - Mapa da quantidade de transferências na situação atual



Figura 62 - Mapa da quantidade de transferências na situação proposta pelo edital

Por sua vez, Figura 61 mostra a criação de novos pontos de transferência na cidade, situação previsível, uma vez que a proposta do edital é implantar a troncalização no sistema. Outro ponto notável é o aumento do número de transferências no Terminal Pinheiros, uma vez que a simulação alocou grande quantidade de usuários na nova linha 7725 e outras linhas foram encurtadas até este ponto. O cenário, também testado, sem a linha 7725 citada não foi representado por não trazer uma situação passível de acontecer, porém, vale ressaltar que este resultou em um número maior de transferências em relação aos cenários atual e do edital (59481 transferências). O número de transferências médias, calculado pela razão entre quantidade de transferências e quantidade de usuários, se mostrou praticamente constante com 1,89 transferências médias no cenário atual, 1,95 no cenário do edital e 1,98 no cenário do edital sem a 7725.

5.3.6. Tempo de viagem

Na avaliação do tempo em que uma pessoa leva para fazer a sua viagem, deve-se considerar o tempo andando para se chegar até o ponto de embarque inicial e para possíveis transferências, o tempo esperando o veículo chegar ao ponto de embarque e também o tempo em trânsito. A média dos tempos gastos no cenário atual, do edital e do edital sem a linha 7725 foram calculadas somando o produto da demanda de cada par OD pelo tempo que uma pessoa levaria para realizar o respectivo trajeto e dividindo pela demanda total do cenário. Os valores estão representados na Tabela 16.

Tabela 16 – Tempo médio de viagem em minutos

Cenário	Tempo total	Tempo andando	Tempo espera	Tempo trânsito
Atual	82,72	12,55	21,65	48,51
Edital	82,66	12,48	22,48	47,70
Edital sem 7725	83,58	12,76	22,62	48,20

Percebe-se que todos os tempos médios se mantiveram bem parecidos nos três cenários.

Com os dados, também foram geradas isócronas (curvas que ligam pontos com a mesma diferença de tempo de chegada até um certo ponto) dos dois cenários. As isócronas referentes à situação real se encontram na Figura 62 e à situação do edital, na Figura 63. O cenário, também testado, sem a linha 7725 não foi representado.

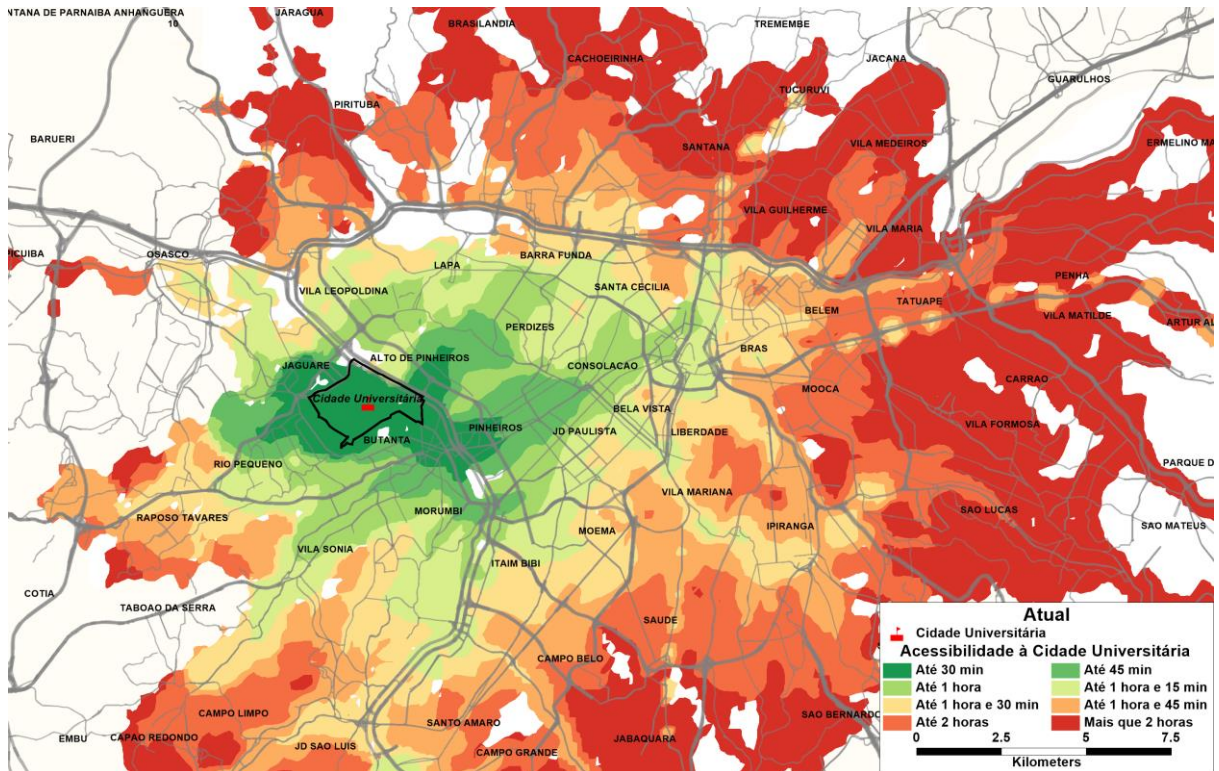


Figura 63 - Isócronas da situação atual

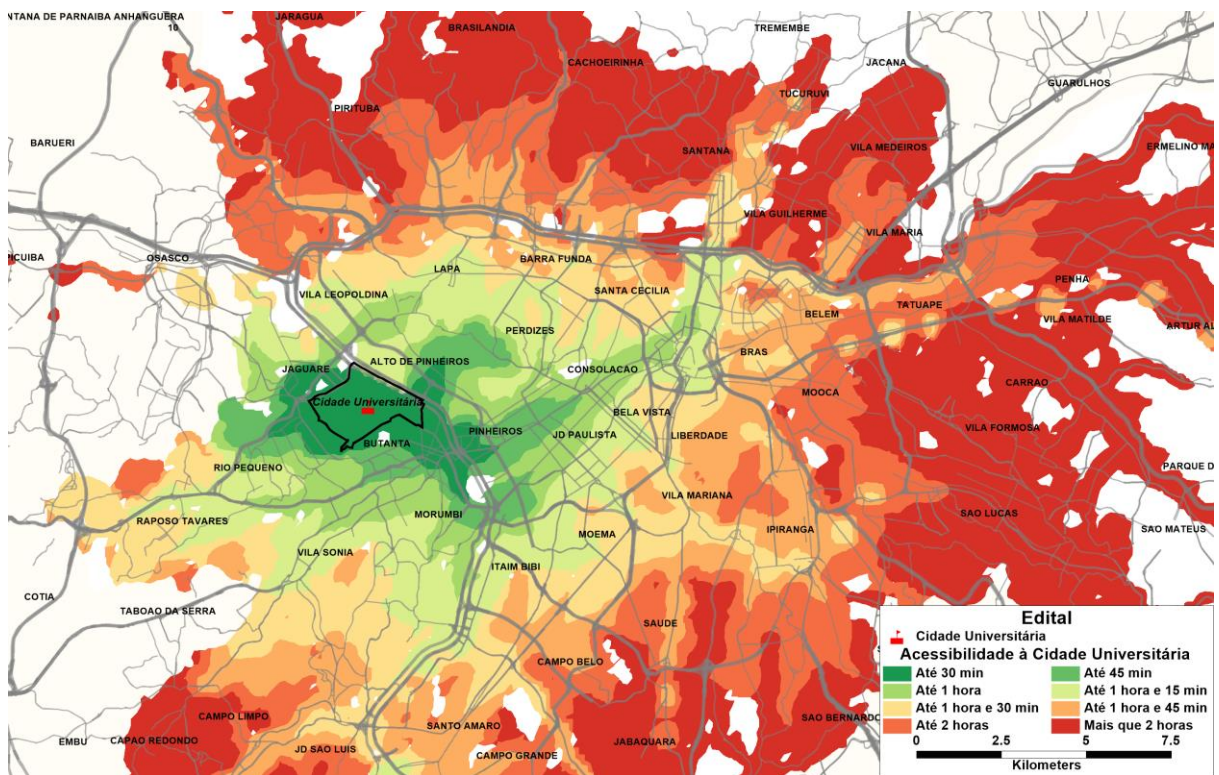


Figura 64 - Isócronas da situação simulada do edital

Analisando as duas situações, percebe-se que de modo geral os cenários são semelhantes com uma leve melhora na situação do edital em regiões como Lapa e Raposo Tavares e uma piora em regiões como na Zona Norte.

5.3.7. Custo generalizado

O custo generalizado é um valor gerado para se comparar o efeito do tempo de espera, tempo andando, tempo em trânsito e o número de transferências realizadas. O valor é obtido utilizando pesos para cada um dos valores mencionados que representam a percepção que aquele valor tem para o passageiro em relação ao tempo em trânsito. Os pesos adotados foram definidos por WARDMAN (2004) e estão detalhados na tabela abaixo.

Tabela 17 – Pesos para cálculo do custo generalizado

	Transferências	Tempo andando	Tempo espera	Tempo trânsito
Peso	17,61	1,66	1,47	1

Fazendo a ponderação em cada cenário e fazendo a diferença entre os custos no cenário do edital e também no cenário atual é possível gerar a Figura 64, onde o tamanho das esferas representa a diferença entre o custo generalizado atual e com o edital. A cor vermelha representa onde os valores pioraram e a cor verde onde melhoraram. O cenário sem a linha nova 7725 não foi representado.

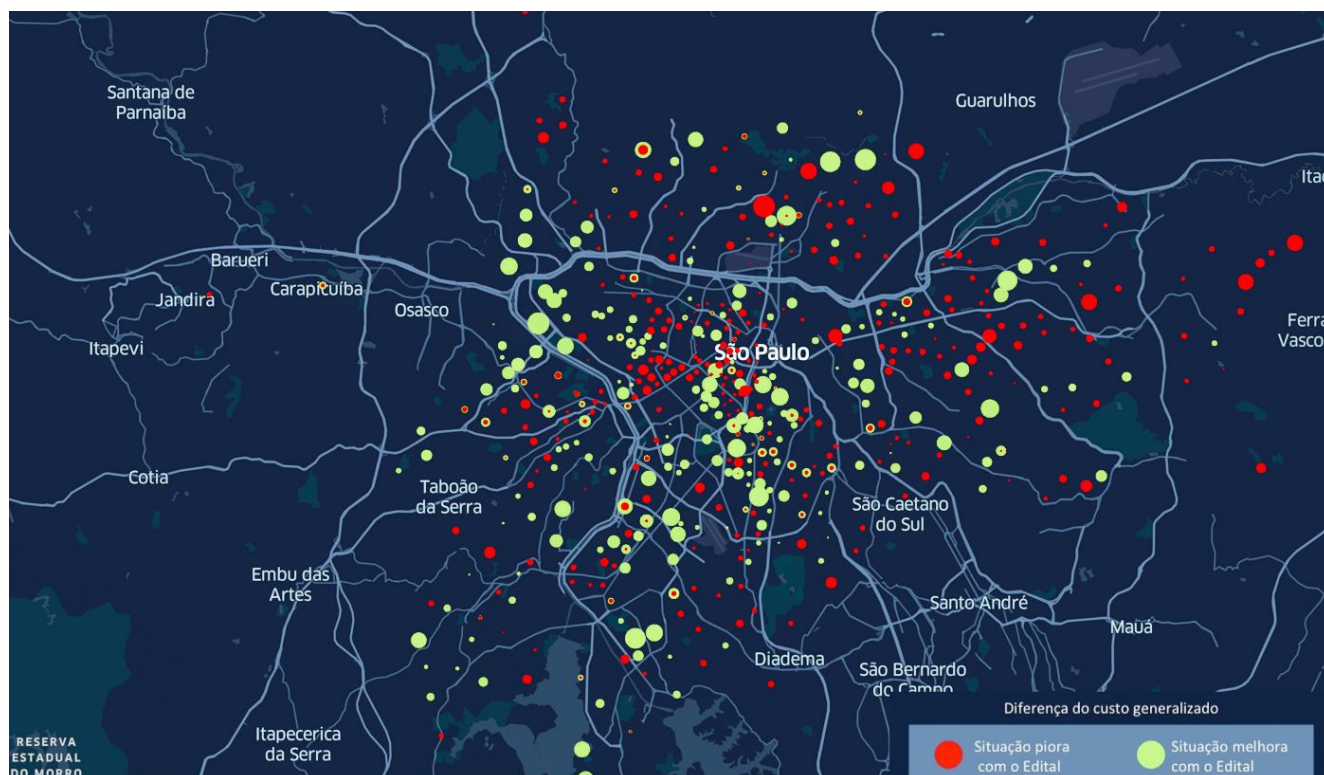


Figura 65 - diferença entre o custo generalizado no cenário atual e no cenário do edital

É possível perceber que o edital promove alguma melhoria no custo generalizado que os usuários de determinadas regiões possuem do transporte, com uma melhora principalmente nas regiões onde existem mais viagens que se iniciam com destino à CUASO. Porém não se percebe um padrão de algumas regiões onde o custo melhorou ou piorou, isso demonstra o equilíbrio que as novas linhas vão ter ao atender a demanda à USP. Os custos generalizados médios para os três cenários encontram-se na Tabela 18.

Tabela 18 - Custo generalizado médio

Custo generalizado médio	
Atual	6103,95
Edital	6119,77
Edital sem 7725	6193,01

6. PROPOSTA

Frente aos resultados obtidos no presente estudo e o entendimento adquirido na formulação do problema, buscou-se propor a criação de uma nova linha como alternativa para a situação proposta pelo edital. Os resultados obtidos através da alocação de menor caminho pelo *Open Trip Planner* indicam que os impactos no custo generalizado de viagem variam po região, de maneira que não é possível afirmar que o Edital traz melhorias ou pioras unicamente para o transporte de pessoas à Cidade Universitária.

A eliminação de algumas linhas e a alteração dos traçados visa melhorar a ocupação das linhas remanescentes e oferecer frequências maiores aos usuários nessas linhas que foram seccionadas. No entanto, conforme comentado, a oferta de assentos que chegam à Cidade Universitária é reduzida suavemente em 3% na rede de referência, por mais que haja uma maior frequência prevista para os ônibus circulares.

É importante mencionar dois fatores que levaram à decisão da solução proposta. O primeiro é que a alocação simplificada que resultou no carregamento da nova Linha 7725 não leva em conta o preço da passagem. Assim, em um cenário real, a gratuidade dos circulares seria um fator determinante na escolha dos usuários. Porém, como a linha se mostrou amplamente usada na simulação, percebeu-se como o Terminal Pinheiros pode ser usado pelos usuários da CUASO tanto quanto a Estação Butantã é usada atualmente.

O segundo ponto, por sua vez, leva em conta a simplificação do modelo representado. Como a demanda alocada na rede é apenas de usuários que tem como destino a CUASO, a proposição de alternativas em outras linhas ao longo da cidade de São Paulo se torna inviável. O risco de melhorar a situação de uspianos e dificultar o transporte de outros usuários que usam as linhas para outros fins foi considerado determinante.

Desse modo, a alternativa que será aqui estudada liga o Terminal Pinheiros à CUASO, em uma linha que será chamada de “Circular 3”.

6.1. Justificativa

Apesar da maior frequência nos dois circulares, é possível que ainda se formem grandes filas dos circulares no Terminal Butantã, devido à gratuidade oferecida através do Bilhete USP nessas duas linhas. Outro ponto que preocupa é também a saturação do próprio Terminal, que não possui tanto espaço para embarque e desembarque e apresenta a formação de grandes filas de ônibus em sua aproximação pela Av. Vital Brasil, utilizada pelos circulares.

Diferentemente do Terminal Butantã, o Terminal Pinheiros é um terminal com uma área maior para parada de ônibus, sendo possível melhor organização dos ônibus no mesmo. Também não possui uma restrição de acesso e gargalo tão evidente quanto a Av. Vital Brasil no trecho próximo ao Metrô Butantã.

Outra grande vantagem do Terminal Pinheiros é a sua acessibilidade direta por trem, sendo uma estação de Metrô, Trem e Ônibus, e um local de forte integração entre modos e, portanto, pode reduzir o número de transferências médio feito pelos usuários.

Para se verificar e comparar a acessibilidade dos dois terminais, geraram-se os mapas das isócronas para 30, 45, 60, 75 e 90 minutos, para o edital previsto, considerando a origem o Terminal Butantã e considerando-se também como origem o Terminal Pinheiros. Os mapas são apresentados respectivamente nas Figura 65 e Figura 66 abaixo:

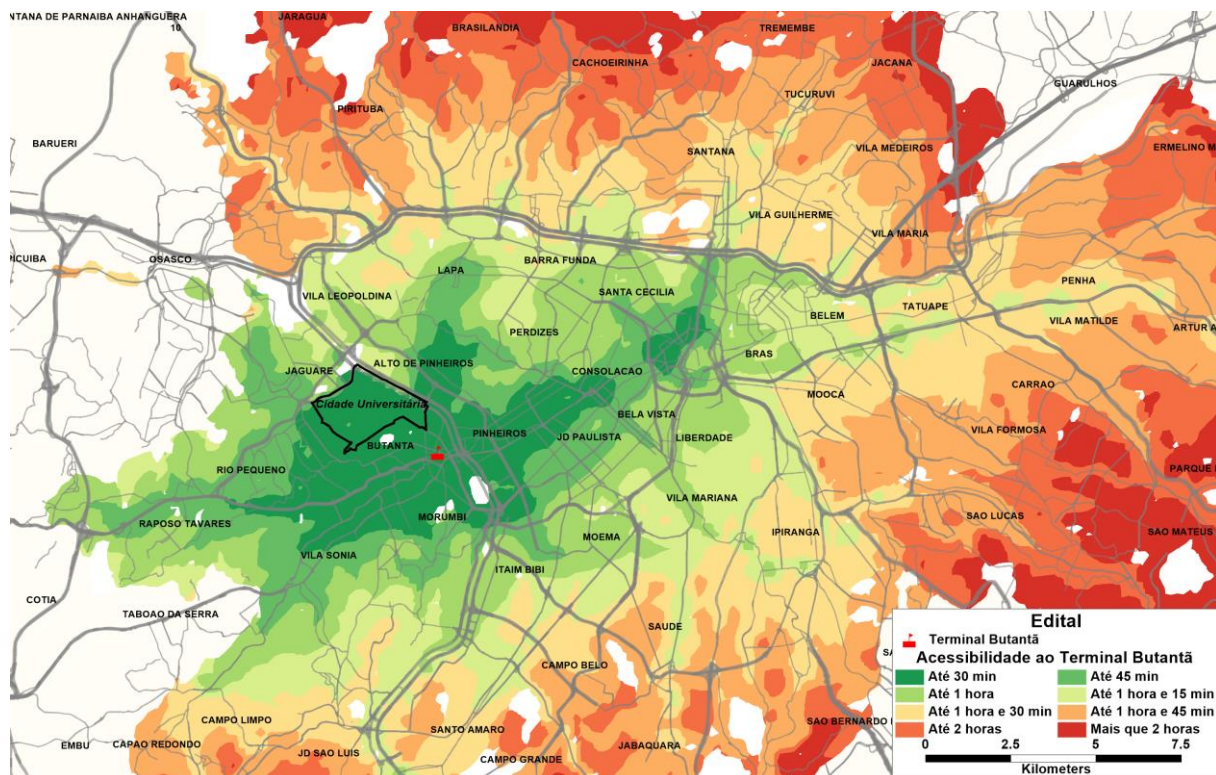


Figura 66 – Isócronas dos tempos de viagem ao Terminal Butantã na rede de referência do Edital

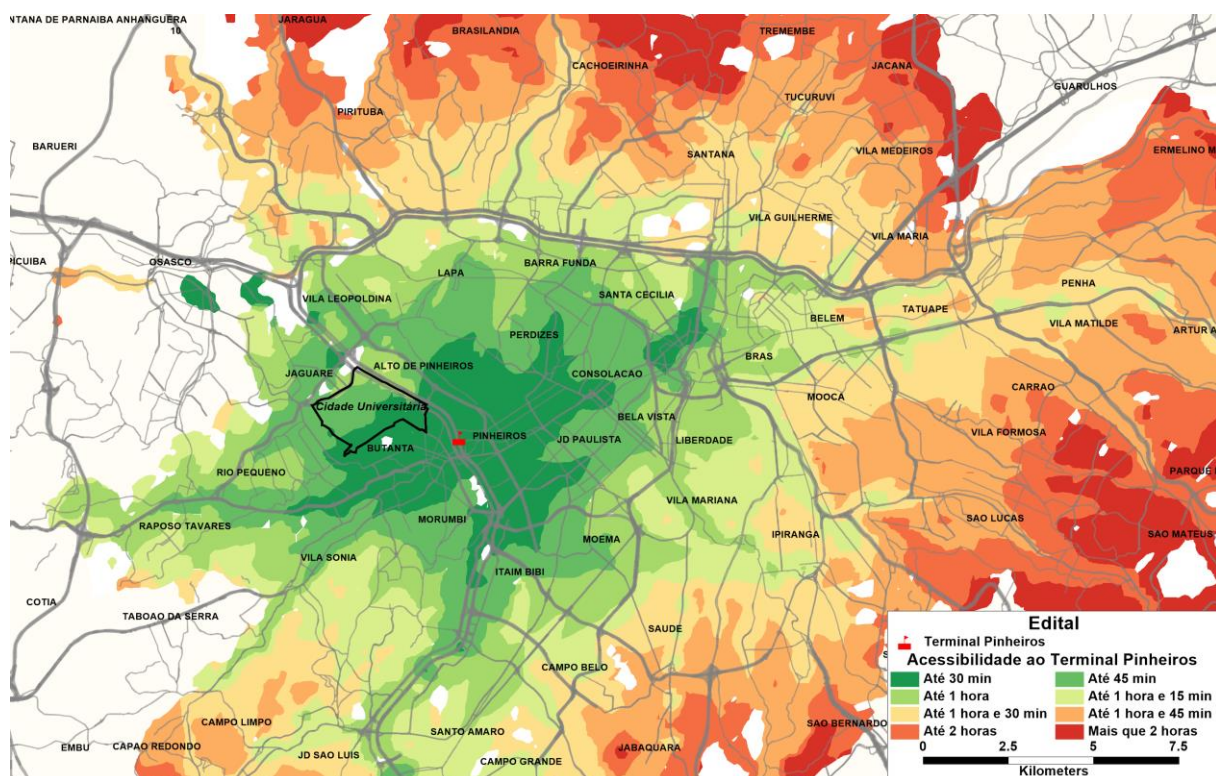


Figura 67– Isócronas dos tempos de viagem ao Terminal Pinheiros na rede de referência do Edital

É possível notar pelas isócronas que ambos os terminais possuem acessibilidade bem semelhante devido à proximidade deles. É interessante notar que o Terminal Butantã apresenta tempo de viagem reduzido em relação ao Terminal Pinheiros para a região a sul e oeste da cidade universitária, como na Vila Sônia, Morumbi, proximidades do Campo Limpo e a oeste do Jaguaré, próximo de Osasco. Isso se deve principalmente à grande quantidade de ônibus para esses locais a partir do terminal Butantã, que realiza a transferência modal do metrô para o ônibus.

No entanto, ao se analisar o resto da cidade nota-se que o Terminal Pinheiros se trata de um terminal mais acessível para as diversas regiões de São Paulo. Nota-se a redução do tempo de viagem nas áreas ao norte da USP como a Lapa, Vila Leopoldina, Barra Funda, Pirituba e Santana; também, se verifica que o Terminal Pinheiros é mais acessível para as áreas ao leste da USP, como no Itaim Bibi, Moema e Ipiranga.

6.2. Especificação da alternativa

Considerando-se os pontos discutidos acima, buscou-se criar uma linha que forneça uma alternativa às já existentes linhas circulares do metrô Butantã. O objetivo dessa linha é apresentar-se como uma alternativa viável aos circulares, com o objetivo de dividir parcialmente a demanda entre o Terminal Pinheiros e o Terminal Butantã, de maneira a evitar esperas elevadas e alta ocupação das linhas, o que reduzem o conforto dos usuários. Para isso, é tido como premissa que a linha Circular 3 terá suporte para o Bilhete Único da USP (BUSP), que permite a gratuidade de passagem para os que o possuem.

O traçado da linha foi pensado conforme a metodologia apresentada para o período de pico da manhã e de maneira a reduzir ao máximo o tempo de ciclo, evitando muitos pontos de parada e também evitando a Av. Vital Brasil, que apresenta a formação de uma fila de ônibus em sua faixa exclusiva.

Para tanto, optou-se por fazer uma linha que atenda os principais pontos de demanda da USP, localizados na Av. Luciano Gualberto e então, saia pelo Portão 2 e acesse a Av. Marginal Pinheiros. O objetivo do percurso através da Marginal é a redução do Tempo de Ciclo para fornecer uma boa frequência sem haver tamanha necessidade de frota. O traçado resulta em uma Linha circular com 13,1 km de extensão e 11

pontos de parada, que contrasta com os 17,8km do circular atual e 42 pontos de parada. Este traçado é apresentado abaixo.

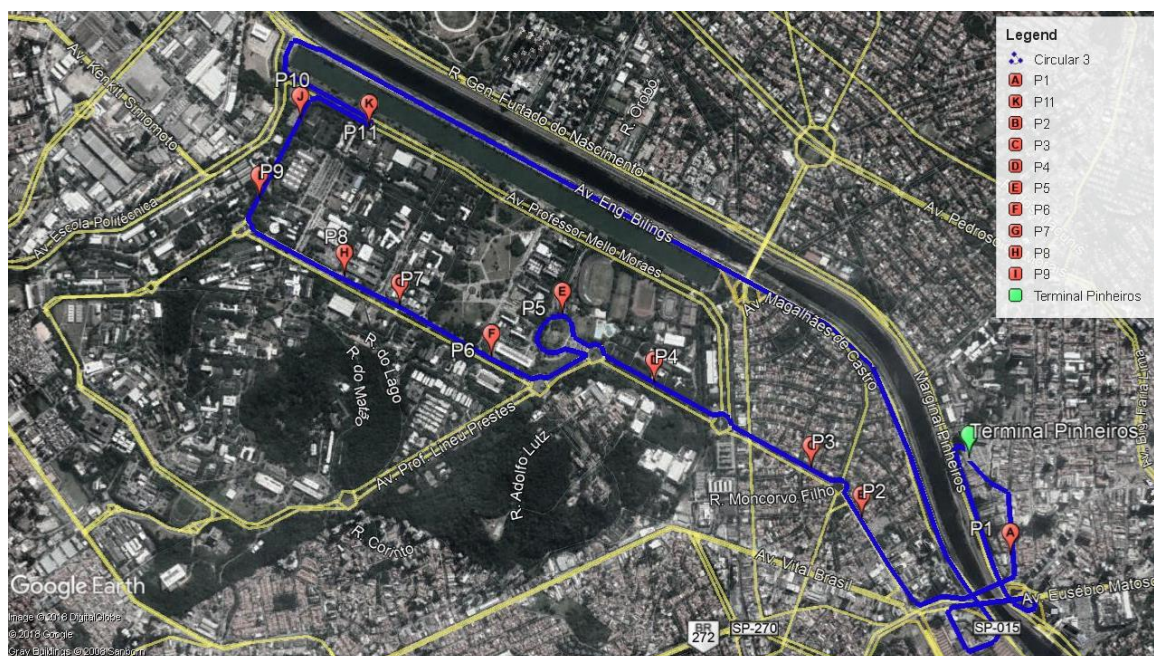


Figura 68 – Traçado proposto para o Circular 3

O próximo passo foi estimar um tempo de ciclo para a linha planejada, considerando o tempo associado ao percurso e o tempo gasto nos pontos da linha. Portanto, o tempo de ciclo estimado (T_c) será dado por:

$$T_c = T_p + T_e$$

Equação 5 – Determinação do tempo de ciclo

Onde T_p é o tempo de percurso e T_e é o tempo gasto para embarques e desembarques nos pontos de parada e nos terminais.

Para estimar o tempo em percurso, utilizou-se como fonte o Google Maps, fazendo o trajeto do percurso em carro e analisando o tráfego típico nas manhãs com partidas entre as 6:30 e às 8:30. O horário mais crítico para partida e que apresentou o maior tempo foi a partida às 08:00. Segundo o Google Maps, um carro demora entre 24 e 55 minutos para realizar o percurso, conforme indica a Figura 68 abaixo. Portanto, utilizou-se a média entre os tempos fornecidos, obtendo-se: $T_p = 39,5 \text{ min}$

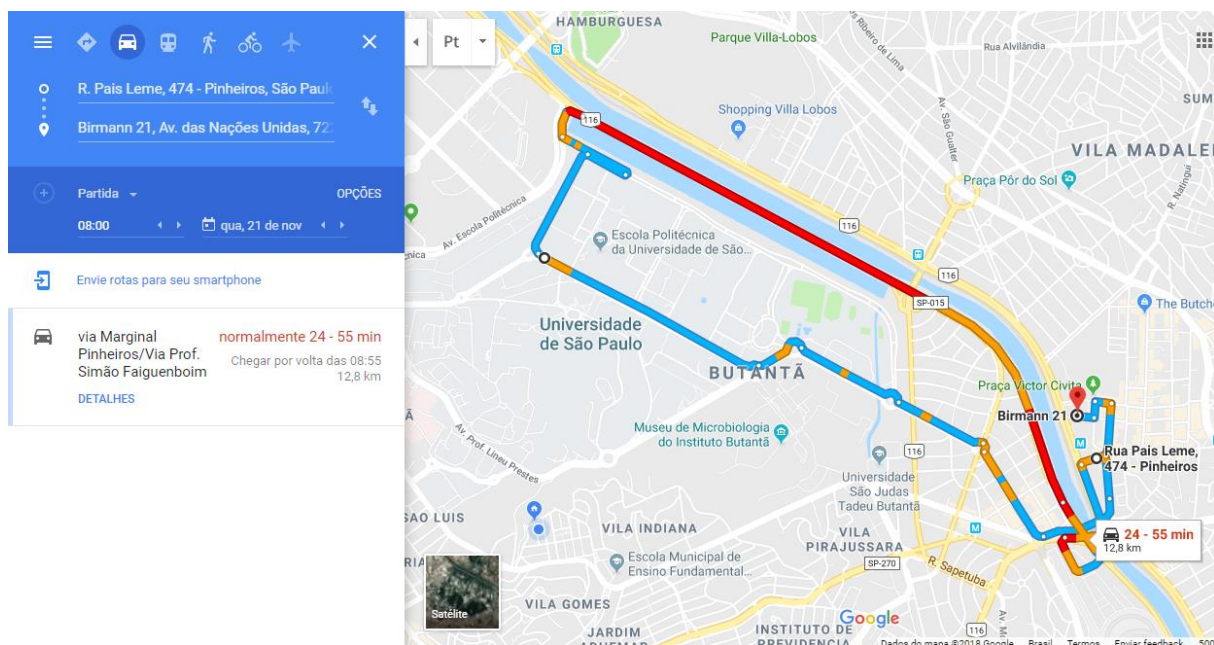


Figura 69 – Tempo em percurso médio do circular 3 para o período da manhã

Para o tempo de embarque e desembarque nos pontos, trata-se de um maior desafio pois estes tempos variam de acordo com características dos passageiros, do ponto de ônibus, além de características do próprio veículo. Levando em conta estes aspectos, buscou-se uma estimativa dos tempos de embarque e desembarque para os circulares em sua situação atual. Estes dados foram processados em no trabalho de formatura “Estudo das linhas de ônibus circulares que atendem à Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira” (Kussano, A., Dias, G., Salles, R., Ferreira, V.). No trabalho, calculou-se o tempo total de embarque (T_e), um tempo fixo por parada (T_f) mais um tempo gasto para embarque ou desembarque por passageiro (t), resultando na expressão:

$$T_e = T_f + t * pax$$

Equação 6 – Determinação do tempo de embarque

Foram obtidas duas equações para o tempo total do veículo com as portas abertas, uma considerando os embarques e outra considerando os desembarques, de maneira que o tempo total gasto será a maior entre as duas.

Para o dimensionamento da linha, utilizou-se a equação dos desembarques uma vez que para o período da manhã a maior parte dos embarques é feita no terminal e o

tempo gasto nos pontos será para o desembarque de passageiros. A equação obtida pelo grupo e utilizada é apresentada abaixo:

$$T_e = 9,7s + 1,5 * pax$$

Equação 7 – Determinação do tempo de embarque por trabalho de formatura alternativo

Para a estimativa do tempo de ciclo, considerou-se, portanto 9,7s para cada parada e 1,5s para cada passageiro. Porém, há o desafio de saber a quantidade de embarques e desembarques da linha. Para efeito de comparação com o desempenho dos circulares, utilizou-se a estimativa do tempo de ciclo disponibilizado pela Via Quatro, em que o tempo de ciclo obtido médio no período da manhã do circular 1 foi de 54 minutos. Segundo o Google Maps, o tempo de percurso do circular 1 em carro demora em média entre 30 e 60 min. Adotou-se então o tempo de percurso do circular como 45 minutos, como mostra a Figura 69.

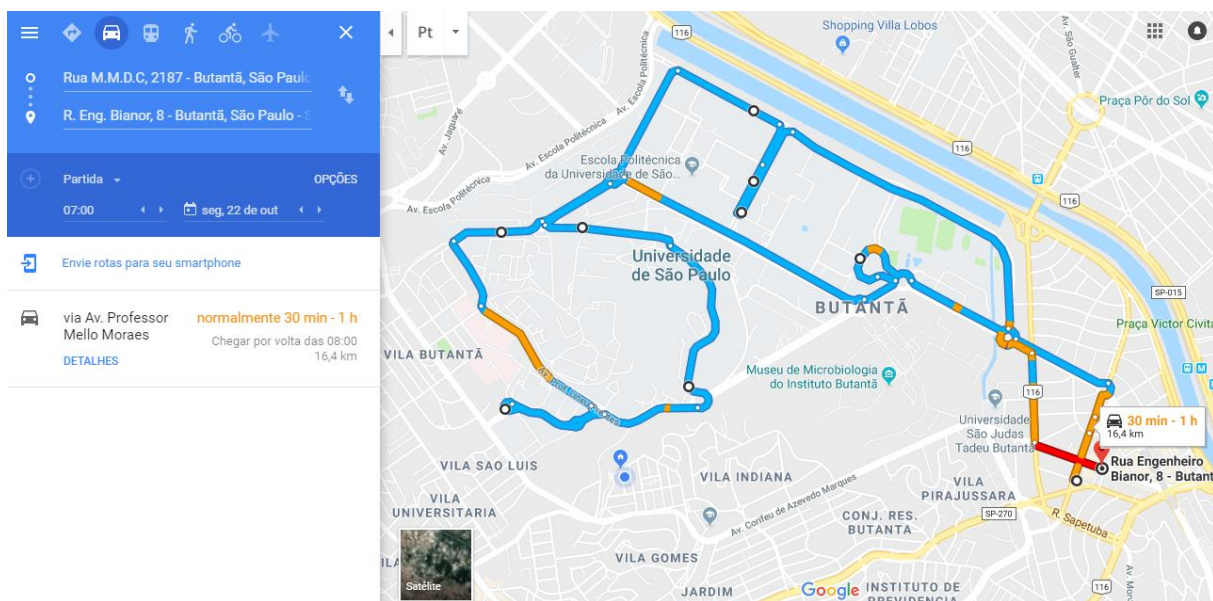


Figura 70 – Tempo em percurso médio do circular 1 para o período da manhã

A partir do tempo de ciclo do Circular 1, estimou-se uma quantidade de desembarques total da linha para obter-se um tempo de ciclo de 54 minutos, considerando-se que o Circular possui 44 paradas, a incluir o Terminal Butantã. Portanto, o tempo de ciclo será dado por:

$$Tc = 54 \text{ min} = 45 \text{ min} + (44 * 9,7s) + 1,5s * n =$$

$$n = 90 \text{ desembarques}$$

Equação 8 – Estimativa do número de desembarques

Esta estimativa será mantida como número total de desembarques para o cálculo do tempo de ciclo do Circular 3, como uma hipótese conservadora. Para esta quantidade de desembarques, é possível estimar o tempo de ciclo da linha criada, tal que:

$$Tc = 39,5 \text{ min} + (11 * 9,7s) + 1,5s * 90 = 43 \text{ minutos}$$

Equação 9 – Estimativa do tempo de ciclo do circular 3

Portanto, o tempo de ciclo estimado para o Circular 3 no período da manhã e adotado para efeito de testes, é de 43 minutos. A partir do tempo de ciclo estimado, foi possível calcular qual seria a frota necessária para obter diferentes *headways* para a linha. O resultado é apresentado na Tabela 19:

Tabela 19 – Frequências, *headways* e frota necessária para a operação da linha

Tempo de ciclo (min)	Frequência (veh/h)	Headway (s)	Frota Necessária (veh)
43	12	300	9
43	11	327	8
43	10	360	8
43	9	400	7
43	8	450	6
43	7	514	6
43	6	600	5
43	5	720	4
43	4	900	3
43	3	1200	3
43	2	1800	2

Para a escolha da melhor opção de frequência do novo circular, alguns cenários foram testados, como mostrado na Tabela 20.

Tabela 20 - Cenários de inclusão do circular 3

	ATUAL	EDITAL	CIRCULAR 3 (Hipótese conservadora)	CIRCULAR 3 (Hipótese arrojada)
CIRCULAR 1				
Tempo de ciclo (min)	57	57	57	57
Frequência (veh/h)	9	12	9	9
Frota Necessária(veh)	9	12	9	9
CIRCULAR 2				
Tempo de ciclo (min)	57	57	57	57
Frequência (veh/h)	10	9	9	8
Frota Necessária(veh)	10	9	9	8
CIRCULAR 3				
Tempo de ciclo (min)			43	40
Frequência (veh/h)			4	6
Frota Necessária(veh)			3	4
Frota total	19	21	21	21

Nota-se inicialmente, que a frota dos Circulares 1 e 2 será aumentada em 3 veículos devido à alteração de frequências de ambos. Assim, com a necessidade de 21 veículos na frota total, o Circular 3 pode ser encaixado adicionado na rede. Testando o cenário conservador, onde o Circular 3 tem tempo de ciclo de 43 minutos - já demonstrado como valor para o pior cenário -, e adequando as frequências do circulares para 9 e 9 saídas por minuto, respectivamente, é possível implantá-lo sem necessidade de aumento de frota. Estas frequências são as que o circular 1 possuía antes do edital e a que o circular 2 possuirá após.

Adicionalmente, testando o cenário mais arrojado, diminuindo a frequência do circular 2 para 8 saídas por hora e mantendo a frequência do circular 1 com 9 saídas por hora, é possível encaixar o circular 3 na rede com a frequência de 6 saídas por hora e manter a frota inicial proposta pelo edital.

Desse modo, escolheu-se testar a alocação simplificada do OTP com o Circular possuindo frequência de 6 saídas por hora.

6.3. Capacidade e ocupação geral

Ao se alocar a demanda de usuários que chegam a Cidade Universitária no modelo simplificado modificado com a inclusão da linha Circular 3, foi possível obter resultados comparáveis com a situação atual e do edital sem nenhuma modificação.

Em relação à capacidade, a Tabela 21 mostra que a inclusão da terceira linha não só desafoga o metrô Butantã, mas também faz com que a capacidade do sistema cresça em 7% em relação à capacidade de transporte de usuários para o interior da USP do cenário atual. A capacidade do conjunto de circulares, por sua vez, cresce 42% e, com isso, traz maior rapidez ao transporte.

Tabela 21 - Capacidades com a criação da linha circular 3

Situação	Rede atual		Rede proposta					Dif. Cap. (C3)
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Cód.	Entra na USP?	Veículo	Freq.	Capacidade [pass/h] (C3)	
Extinta	701U-10	768	-	-	-	-	0	↓ -100%
Encurtada	702U-10	510	3.00.15	N	Articulado	10	1280	↑ 151%
	177H-10	340	6.00.48	N	Padron	5,5	467,5	↑ 38%
Alterada	7181-10	425	3.08.25	S	Articulado	13	1664	↑ 292%
	809U-10	425	3.08.28	S	Padron	5	425	● 0%
	7725-10-1	222	4.20.17-1	S	Midiônibus	5	250	↑ 13%
	7725-10-0	222	4.20.17-2	S	Midiônibus	5	250	↑ 13%
Mantida	7411-10	425	6.00.24	S	Padron	5	425	● 0%
	8012-10	765	4.20.14	S	Padron	12	1020	↑ 33%
	8022-10	850	4.20.15	S	Padron	9	765	↓ -10%
Criada	-	-	Circular 3	S	Padron	6	510	N/A
Total	4952		Total				5309	↑ 7%

Ao se comparar a oferta obtida com a demanda de 9949 viagens na hora pico do cenário com a nova linha, a qual permanece com pouca alteração em relação à demanda da rede atual (9885) e da simulação do edital sem alterações (9907), pode-se observar melhora na relação Capacidade/Demanda, uma vez que a inserção do novo circular no sistema aumenta consideravelmente a oferta de lugares. Vale ressaltar que o leve aumento de demanda pode ocorrer devido à maior acessibilidade decorrente à nova linha. Assim, mais usuários chegaram ao seu destino sem ser a pé. Os números da comparação entre o cenário atual e do edital com o circular 3 encontram-se na Tabela 22.

Tabela 22 – Análise da ocupação para cenário atual e do edital, incluindo a linha circular 3

Situação	Rede atual				Rede proposta				Dif. Dem Cap (C3 x Atual)
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Demanda OTP (HPM)	Dem Cap	Cód.	Capacidade [pass/h] (C3)	Demanda OTP (C3) [Viagens HPM]	Dem Cap (C3)	
Extinta	701U-10	768	76	0,10	-	0	0	N/A	*
Encurtada	702U-10	510	954	1,87	3.00.15	1280	0	N/A	**
	177H-10	340	0	N/A	6.00.48	467,5	0	N/A	**
Alterada	7181-10	425	14	0,03	3.08.25	1664	268	0,16	↓ -380,5%
	809U-10	425	540	1,27	3.08.28	425	1123	2,64	↓ -107,9%
	7725-10-1	222	66	0,30	4.20.17-1	250	292	1,17	↓ -292,5%
	7725-10-0	222	58	0,26	4.20.17-2	250	1247	4,99	↓ -1802,6%
Mantida	7411-10	425	0	N/A	6.00.24	425	8	0,02	N/A
	8012-10	765	4513	5,90	4.20.14	1020	3769	3,69	↑ 37,4%
	8022-10	850	3663	4,31	4.20.15	765	2511	3,28	↑ 23,8%
Criada	-	-	-	N/A	Circular 3	510	733	1,44	N/A
	Total	4952	9885	2,00	Total	5309	9949	1,87	↑ 6,1%

- * Linha extinta
- ** Linha encurtada. Não atende mais a USP
- *** Não houve alocação de demanda
- **** Não existia no cenário atual

Nota-se que, devido ao aumento da capacidade do sistema em geral, o indicador Capacidade/Demanda tem uma variação de 6,1%. É interessante observar que a linha 7725, como já analisado anteriormente, recebe grande quantidade de usuários por atender o Terminal Pinheiros. Além disso, o Circular 3 alocou grande quantidade da demanda e, assim, se mostrou eficiente desafogando os circulares 1 e 2.

A Tabela 23 – Análise de ocupação para o cenário do edital sem modificações e com a inclusão da linha circular 3, por sua vez, traz a mesma comparação entre os indicadores Capacidade/Demanda do cenário do edital sem modificação e com o circular.

Tabela 23 – Análise de ocupação para o cenário do edital sem modificações e com a inclusão da linha circular 3.

Situação	Rede proposta							Dif. Dem Cap (C3 x Edital)
	Cód.	Capacidade [pass/h]	Capacidade [pass/h] (C3)	Demanda OTP [Viagens HPM]	Demanda OTP (C3) [Viagens HPM]	Dem Cap	Dem Cap (C3)	
Extinta	-	0	0	0	0	N/A	N/A	*
Encurtada	3.00.15	1280	1280	0	0	N/A	N/A	**
	6.00.48	467,5	467,5	0	0	N/A	N/A	**
Alterada	3.08.25	1664	1664	304	268	0,18	0,16	↑ 11,9%
	3.08.28	425	425	1332	1123	3,14	2,64	↑ 15,7%
	4.20.17-1	250	250	499	292	1,99	1,17	↑ 41,4%
	4.20.17-2	250	250	1298	1247	5,19	4,99	↑ 3,9%
Mantida	6.00.24	425	425	8	8	0,02	0,02	● 0,0%
	4.20.14	1020	1020	3889	3769	3,81	3,69	↑ 3,1%
	4.20.15	765	765	2578	2511	3,37	3,28	↑ 2,6%
Criada	Circular 3		510	-	733	N/A	1,44	N/A
	Total	4799	5309	9907	9949	2,06	1,87	↑ 9,2%

* Linha extinta Linha extinta

** Linha encurtada: Linha encurtada. Não atende mais a USP

*** Não houve alocação de demanda

**** Não existia no cenário atual

Pela Tabela 22, nota-se que, devido ao edital piorar a situação de oferta de lugares, a melhora com o circular 3 foi ainda mais substancial. O índice apresentou melhorar em todas as linhas do edital, uma vez que o Circular 3 conseguiu absorver um pouco de demanda de cada linha. Além disso, a mesma apresenta a interessante situação: como a criação do Circular 3 em conjunto com a maior representatividade da nova linha 7725, que liga o Rio Pequeno ao Terminal Pinheiros, o maior impacto é o quanto os circulares tiveram condição de operação melhorada.

Vale mencionar que as simulações não levam em conta o preço da passagem na alocação simplificada, o que pode alterar a tomada de decisão do usuário. O cenário em que o preço seja levado como fator de decisão, fazendo com que ninguém escolhesse a linha nova 7725 já foi simulado anteriormente no item 6.2.

Como feito no item referente aos resultados gerados pelo OTP, serão apresentados gráficos responsáveis por trazer, de forma simplificada, as informações comparativas entre os cenários. Desta vez, no entanto, outros serão adicionados, com o intuito de

mostrar alguns números relevantes para se comparar todos os cenários. O Gráfico 14 traz dados de capacidade das linhas que entram na USP, agora com a inclusão do cenário que leva em conta a criação do circular 3, o Gráfico 15 com dados de demanda gerada pela simulação no OTP, apresentando pouca variação, o Gráfico 16 com a relação entre os valores do indicador criado Capacidade/Demanda (Ocupação), o Gráfico 17 com os tempos de espera médios, o Gráfico 18 com os tempos de espera médios, Gráfico 19 com os tempos totais de viagem médios, e, por fim, o Gráfico 20 com os custos generalizados médios.

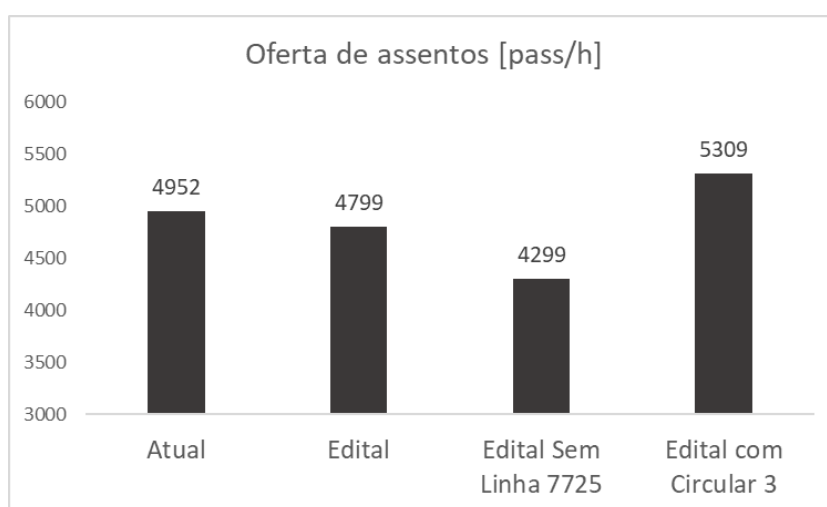


Gráfico 14 - Comparativo da capacidade.

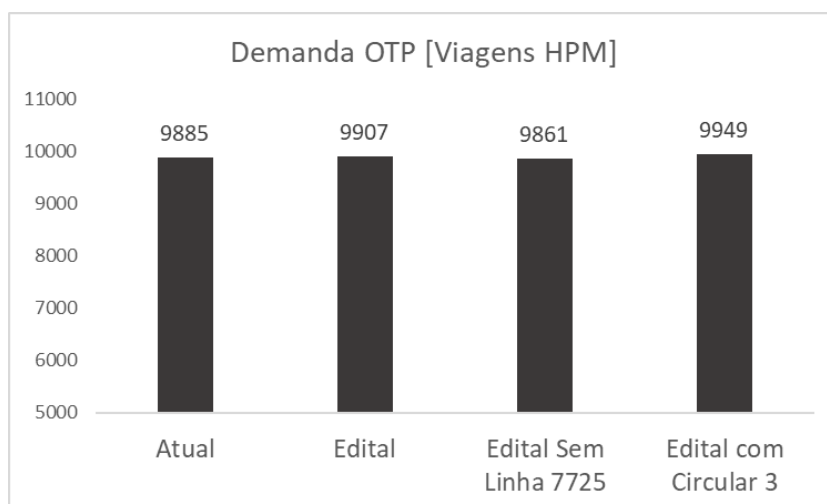


Gráfico 15 - Comparativo da demanda gerada pelo OTP

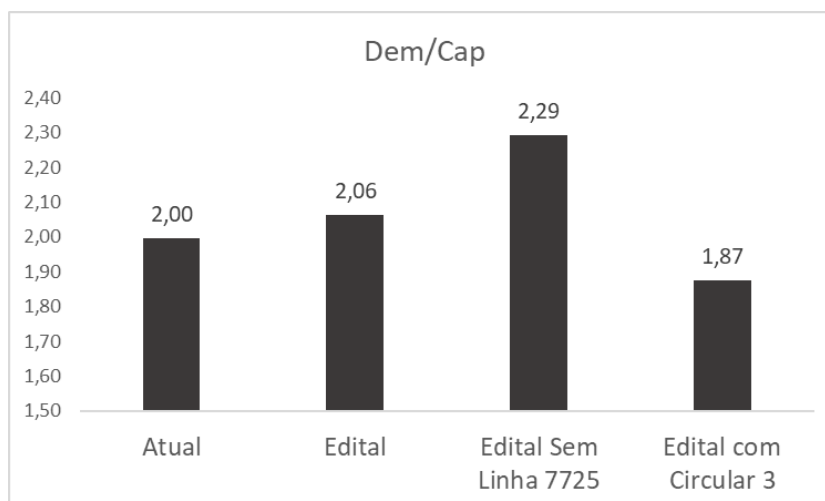


Gráfico 16 - Comparativo de ocupação média do sistema, considerando todas as linhas.

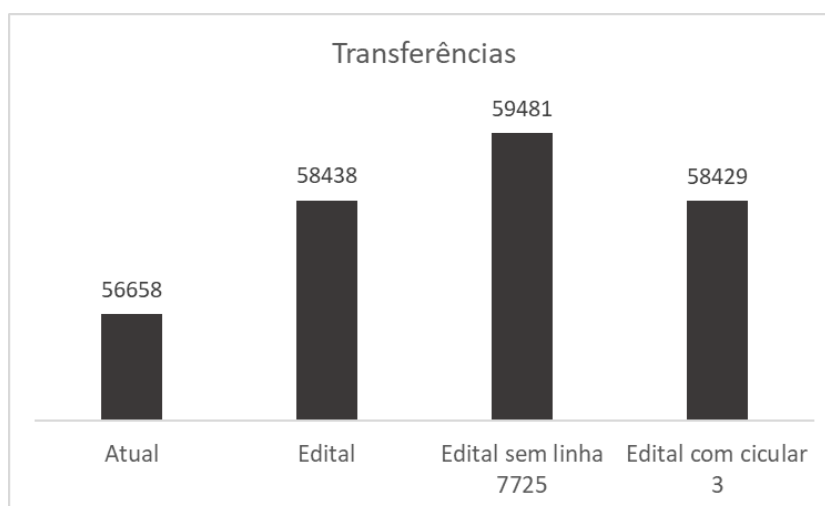


Gráfico 17 – Comparativo do número total de transferências do sistema

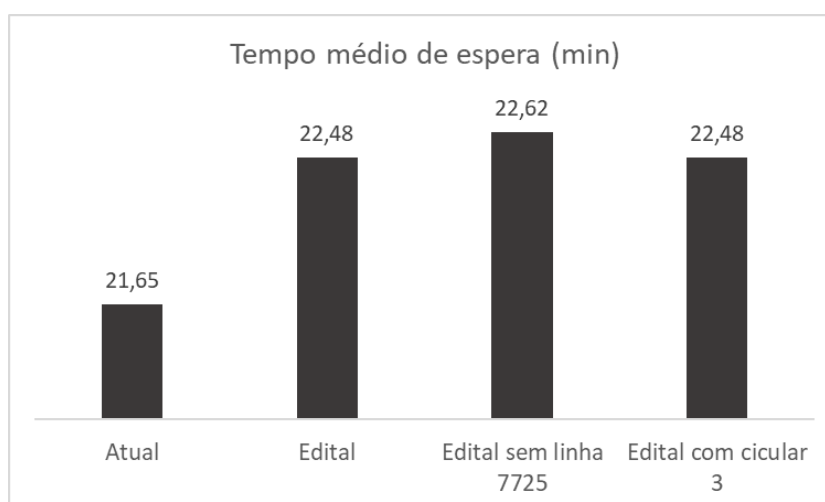


Gráfico 18 - Comparativo do tempo de espera médio

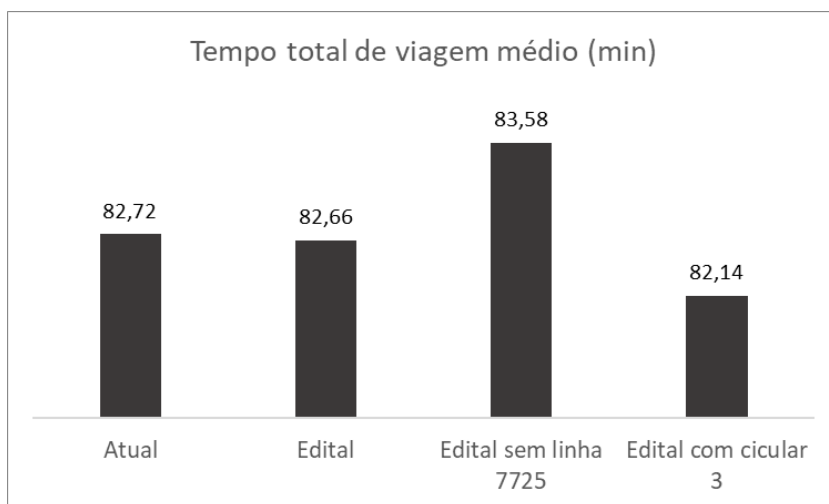


Gráfico 19 - Comparativo total de viagem médio

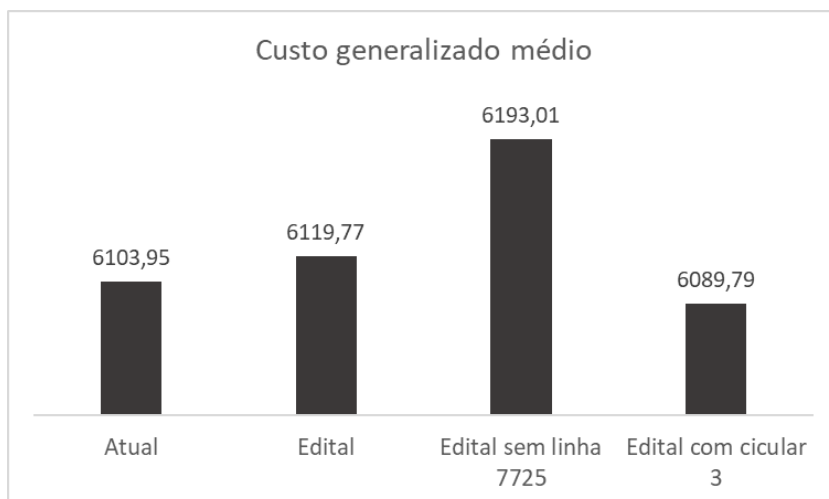


Gráfico 20 - Comparativo do custo generalizado médio

7. CONCLUSÃO

Inicialmente, vale mencionar que, ao analisar as diferenças entre as linhas atuais que servem à USP e as propostas pelo edital, é possível observar algumas diferenças operacionais que impactarão os usuários da universidade: como os veículos usados e frequências de operação não tiveram mudanças compensatórias, os traçados encurtados ou extintos afetaram a capacidade do sistema diretamente, pois retiraram uma pequena parte da oferta de assentos do cenário existente. De modo geral, os resultados obtidos pela simulação do OTP mostram uma ocupação maior do sistema composto pelas linhas propostas que servirão à USP, quando comparado ao sistema de linhas atual, o que já era esperado.

De acordo com os resultados, mesmo apostando em criar eixos de transporte na cidade, a implementação do edital não promove uma grande melhora no tempo de viagem em geral dos usuários. Porém, também não faz com o que o aumento do número de transferências realizadas pelos usuários da USP seja substancial, apresentando um aumento de apenas 3,14%.

Em adição, ao fazer com que algumas linhas atendam ao Terminal Pinheiros, é possível perceber um aumento do número de transferências neste ponto, além de criar a possibilidade de uso da nova linha 7725, que liga o bairro do Rio Pequeno ao Terminal, como meio de se chegar ao interior da universidade. Os resultados do OTP, ao alocar considerável demanda para esta linha, embora não levem em conta o preço da passagem, representam esta situação.

Deste modo, como as isócronas que comparam os tempos de chegada à Estação Butantã e à Estação Pinheiros favorecem, como destino, a segunda, alinhado à situação observada com a nova linha 7725, propõe-se a criação de um novo circular (Circular 3) partindo do Terminal Pinheiros e atendendo, principalmente, o maior eixo de atração de viagens na universidade, a Avenida Professor Luciano Gualberto. Este Circular, caso haja adequação nas frequências dos circulares existentes, pode ser implementado sem o aumento de frota total, mas, caso as frequências do edital para os circulares 1 e 2 sejam mantidas, demandará frota de 5 veículos quando operado com frequência de 6 saídas por hora. Entretanto, trará uma melhora à ocupação do sistema geral de linhas que servem à USP em 9,2%, em relação à ocupação esperada após a implementação do edital.

Por fim, vale ressaltar alguns pontos importantes sobre a análise feita neste TF: o modelo, por se tratar de uma alocação simplificada por menor caminho, traz limitações ao distribuir os usuários na rede. É possível, no entanto, obter uma representação da realidade com assertividade, quando desconsideradas exclusividades, como a gratuidade dos circulares ou a preferência pessoal dos usuários. Além disso, a demanda usada na alocação foi expandida de dados obtidos pela Pesquisa de Mobilidade, o que pode carregar consigo erros ou tendências.

Com os resultados obtidos, foi possível se fazer um estudo preliminar da implantação do Circular 3. Como próximos passos, para a real implantação da linha, será necessária uma análise aprofundada das características operacionais do circular proposto, como confirmação do tempo de ciclo, nível de serviço ofertado e captação de demanda. É importante salientar os possíveis impactos de atração de usuários ao Terminal Pinheiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antrim, Aaron; Barbeau, Sean. **The many uses of gtfs data – Opening the door to transit and multimodal applications.** [internet] University of South Florida, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2A5p2pn> [Acesso em 19 de novembro de 2018]

Arbex, Renato; Torres, Silvio. **Variabilidade da demanda e da oferta do transporte coletivo.** [internet] Brasil Engenharia, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2BaVYP9> [Acesso em 17 de outubro de 2018]

Bast, Hannah. **Car or Public Transport – Two Words.** Max-Planck Institute for Information, SaarBrücken, Germany, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2DMhtsf> [Acesso em 04 de novembro de 2018]

CPTM. **Mapa de estações do metrô e CPTM.** [internet] CPTM, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/2PXnKXG> [Acesso em 12 de junho de 2018]

Dalla, César & Esquerdo, Mora & Antonio Nery, Luis & Rocha, Jansle & Zullo Jr, Jurandir. **Uso de Sistemas de Informação Geográfica para o suporte à decisão: Um exemplo de aplicação,** 2005.

Ferraz, Antônio Clóvis Pinto. **Escritos sobre transporte, trânsito e urbanismo.** Ribeirão Preto: São Francisco, 1998.

Governo do Estado de São Paulo. **Visões da metrópole: depoimentos sobre transporte e urbanismo para o PITU RMSP 2025.** São Paulo, 2006.

Governo do Estado de São Paulo. **Conceitos utilizados na pesquisa OD 2017.** São Paulo, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2DNZf9D> [Acesso 20 de novembro de 2018]

IBGE. **Lista comparativa da população dos municípios.** [internet] IBGE Cidades. IBGE, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2J9VnBW> [Acesso em 12 de junho de 2018].

IBGE. **Distribuição dos Domicílios, por Faixas de Renda per Capita, segundo Distritos.** [internet] IBGE, Fundação Seade. 2000. Disponível em: <https://bit.ly/2QNYPYC> [Acesso em 12 de junho de 2018].

Kussano, A. **Estudo das linhas de ônibus circulares que atendem à Cidade Universitária Armando Salles de oliveira.** São Paulo. Trabalho de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. 2018.

Lopes, Miriam B. P. Oelsner (Miriam Bettina Paulina Oelsner). **Pequena história dos transportes públicos de São Paulo.** 2ª ed. São Paulo, Companhia Municipal de Transportes Coletivos CMTCC. 1985.

Marchand, R. **Advertising the American dream: Making way for modernity, 1920-1940.** [internet] Google Scholar. 1985. Disponível em: <https://bit.ly/2B9Xf9a> [Acesso em 05 de novembro de 2018]

Novaes, Antônio G. N. **Sistemas de transportes** (3 volumes). São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 1986.

Prefeitura de São Paulo. **Sistema de Consulta do Mapa Digital da Cidade de São Paulo - Geosampa.** [internet]. São Paulo, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/1Qt0WZV> [Acesso em 12 de junho de 2018].

Prefeitura de São Paulo. **Especificação do Sistema Integrado de Transporte Coletivo.** [internet]. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2NanP4B> [Acesso em 27 de junho de 2018]

Propagandas históricas. Inauguração do Metrô em São Paulo – 1974. [internet]. Disponível em: <https://bit.ly/2DGtVtk> [Acesso 29 de maio de 2018]

Rede Nossa São Paulo. **Pesquisa de mobilidade urbana.** [internet]. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2Rhkjs5> [Acesso em 26 de junho de 2018]

Universidade de São Paulo. **Anuário Estatístico da USP**. [internet] USP, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/1AoAkTq> [Acesso em 12 de junho de 2018]

Vasconcellos, Eduardo Alcântara. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Editora Unidas, 1996.

Wardman, Mark. **Public transport values of time**. Institute for Transport Studies, University of Leeds, UK. 2004.

ANEXO A – Ata da reunião preliminar de 27 de abril de 2018

A reunião ocorrida em 27 de abril de 2018 no prédio da Engenharia civil da Escola Politécnica da USP, sala S09 às 10h, que teve como objetivo a determinação das diretrizes que cada grupo de TF iria tomar, uma vez que, inicialmente, três grupos apresentaram ideias parecidas para elaboração do relatório. Vale ressaltar que o professor Claudio Barbieri da Cunha também esteve presente, porém chegou alguns minutos depois do recolhimento e digitalização da lista.

A reunião contou com os três grupos de TF com formandos em 2018, seus devidos orientadores, o prefeito da Cidade Universitária e dois de seus engenheiros de planejamento. Assim, pôde-se observar o ponto de vista de todos e, assim, estipular objetivos que pudessem ser supridos após a realização e compilação dos três relatórios. Ao mesmo tempo, criou-se uma pasta, em nuvem, com um acervo de dados de informações sobre bilhetagem dos circulares, linhas atuais e propostas que chegam à Universidade, estudos de pré-embarque, fluxos de veículos e frotas e pesquisas elaboradas por alunos de graduação, prefeitura do Campus e DCE (Diretório Central dos Estudantes), entre diversos outros documentos, como apresentações usadas pela SPTrans, trabalhos de formatura anteriores e diretrizes. A maioria foi usada neste relatório e, quando feito, mencionado em bibliografia.

Participantes: Claudio Luiz Marte, Pedro Fernandes, Vitor Torres Grossi, Mauro Morais, Victor Ishida, Thiago S. P. Ferraz, Roberto Salles, Gabriel Dias, Victor Gomes Ferreira, Amanda Yumi Kussano, Gabriel Feriatic, Renato Oliveira Arbex, Priscila Coutinho Costa, Douglas Costa, Enea Neri e Hermes Fajersztajn.

ANEXO B – Parte do questionário da Pesquisa de Mobilidade da USP de 2015

Abaixo, encontra-se algumas perguntas, cujas respostas auxiliaram na elaboração deste relatório, feitas às pessoas que responderam à pesquisa de pesquisa de mobilidade realizada pela prefeitura do Campus USP da Capital (PUSP-C), divulgada por meio do e-mail USP de alunos, professores, funcionários e outros usuários e criada inicialmente por alunos de graduação e doutorado de Engenharia de Transportes com o intuito de levantar informações pertinentes para elaborar melhoras ao transporte público interior a USP.

1. Qual sua atividade principal no Campus?
2. Em qual prédio você estuda/trabalha?
3. Em qual horário você costuma frequentar o campus?
4. Em qual horário você costuma ENTRAR no campus?
5. Em qual horário você costuma SAIR do campus?
6. Qual o bairro de origem do trajeto ao campus?
7. Qual a cidade de origem do trajeto?
8. Qual o CEP da origem do trajeto?
9. Quanto tempo, em média, demora sua viagem até o destino dentro do campus?
10. Quais modos de transporte você costuma usar para vir e sair do campus?
11. Se você costuma vir de TRANSPORTE INDIVIDUAL (automóvel, carona, taxi), o metrô e os ônibus circulares são uma opção que já tenha usado?
12. Se você costuma vir de TRANSPORTE COLETIVO, quantas transferências/baldeações você tem que fazer para chegar ao campus?
13. Se você costuma vir de TRANSPORTE COLETIVO, utiliza as linhas circulares?
14. Caso uso Ônibus Municipal de São Paulo, quais linhas costuma usar para entrar na Cidade Universitária?
53. Para você, qual é o nível de IMPORTÂNCIA dos seguintes elementos de qualidade de serviço para uma linha circular?
56. Indique os principais motivos que o afasta de usar o serviço. E que se melhorado/amenizados, poderiam fazer com que se tornasse um usuário.