

MODERNIZAÇÃO DA MOBILIDADE NA RMBH

UMA NOVA ABORDAGEM DOS
MODELOS DE GESTÃO, OPERAÇÃO
E DE CONTRATAÇÃO DOS SERVIÇOS

ETAPA 3

PROPOSTAS PARA A MOBILIDADE SUSTENTÁVEL NA RMBH

P7 RESULTADOS DAS PESQUISAS E ATUALIZAÇÃO DA REDE

OUTUBRO 2021



Com o objetivo de compor as análises técnicas relativas ao transporte coletivo na RMBH e subsidiar as ações de elaboração do PlanMob RMBH, este produto apresenta os resultados das pesquisas e informações quanto à atualização da rede de transportes. O produto está estruturado em oito partes assim organizadas:

- 1. CONTEXTUALIZAÇÃO**
- 2. OD BILHETAGEM (SBE)**
- 3. OD TELEFONIA: ANÁLISE DA DIVISÃO MODAL EM RELAÇÃO À OD SBE**
- 4. OD APLICATIVOS**
- 5. ANÁLISE COMPARATIVA**
- 6. NOVAS PESQUISAS: LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES**
- 7. ATUALIZAÇÃO DA REDE**
- 8. ANEXOS**

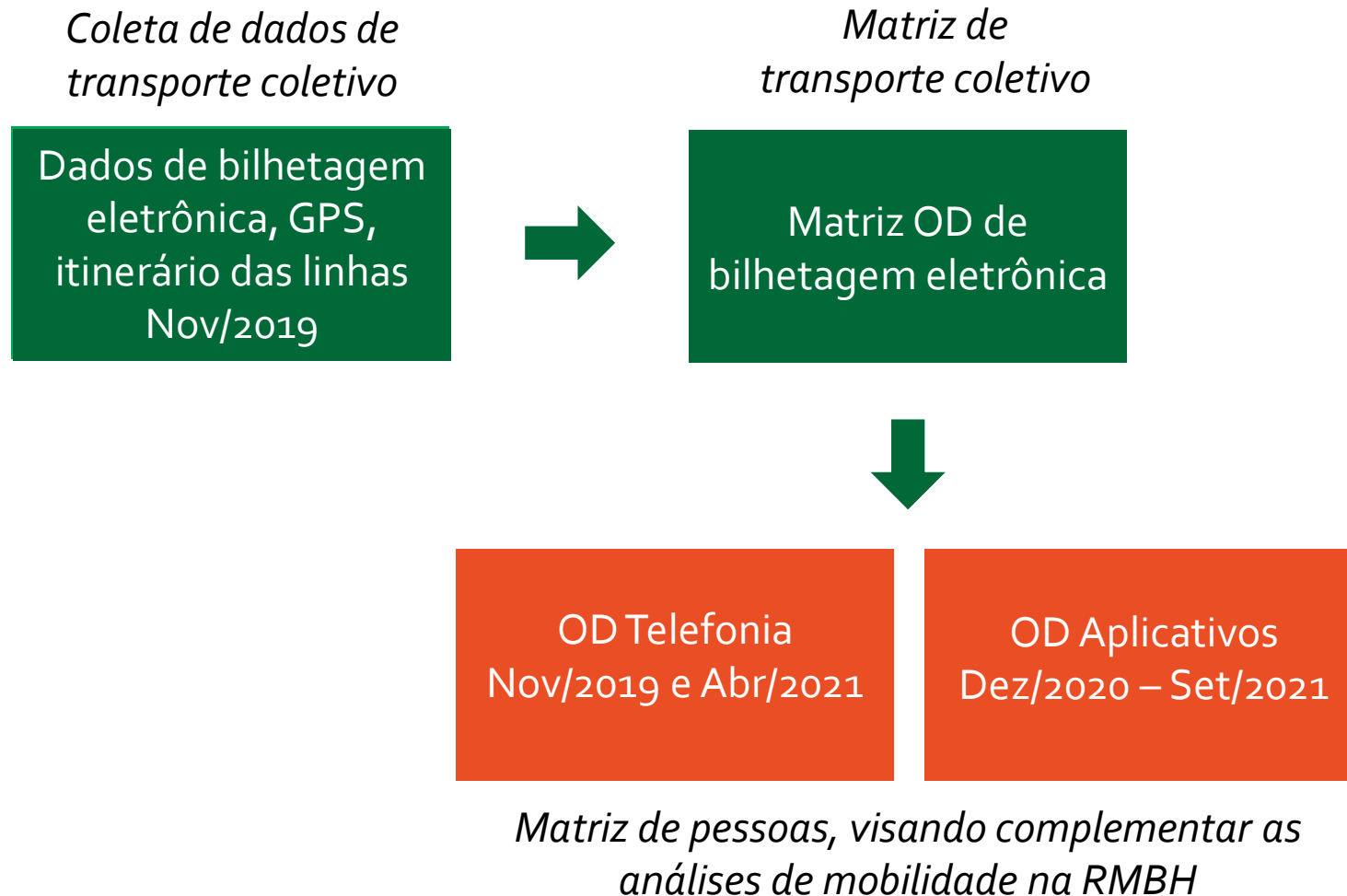
Além desta apresentação, os seguintes arquivos compõem este produto:

- **MATRIZ OD SBE (ARQUIVO CSV)**
- **MATRIZ OD APP (ARQUIVO CSV)**
- **BASES GEOGRÁFICAS COM OS ZONEAMENTOS CONSIDERADOS (ARQUIVOS SHP)**
- **POWERBI PARA ANÁLISES COMPARATIVAS ENTRE AS MATRIZES (ARQUIVO PBIX)**

\ CONTEXTUALIZAÇÃO

\ DADOS DE DEMANDA E GERAÇÃO DA MATRIZ OD

4



\ OD BILHETAGEM (SBE)

Os principais dados de entrada são os **relatórios de bilhetagem eletrônica (SBE)** e o **georreferenciamento dos veículos (GPS)**.

Também é necessário o mapeamento das **estações de metrô/BRT** e do georreferenciamento de todas as **rotas** que compõem o sistema, para que todas as informações sejam integradas e validadas.

REQUISITOS DOS CAMPOS DO SBE

DESCRIÇÃO DO CAMPO	CÓDIGO
Identificação da linha ou estação em que se deu o uso do cartão	ID_LINHA
Sentido da viagem	SENTIDO
ID da viagem (caso linha)	ID_VIAGEM
ID do veículo (caso linha)	ID_VEICULO
Data e hora inicial e final da viagem (caso linha) registrado pelo operador	H_INI e H_FIM
ID único do cartão (código único para o caso de pagamento em dinheiro)	ID_USUARIO
Data e hora do uso	H_USO
Identificação da origem do dado (sistema de transporte)	FONTE

REQUISITOS DOS CAMPOS DO GPS

DESCRIÇÃO DO CAMPO	CÓDIGO
ID do veículo	ID_VEICULO
Latitude	LAT
Longitude	LON
Data e hora do evento	H_EVENTO

\ METODOLOGIA MATRIZ SBE

7



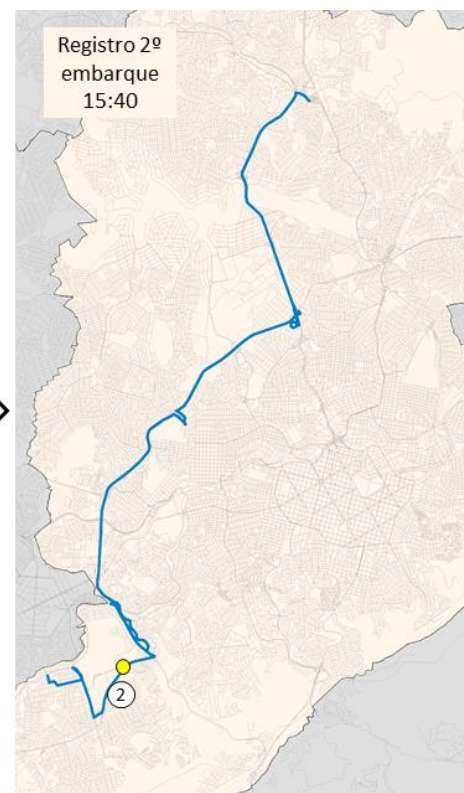
Rastreamento reverso: Assumiu-se que o primeiro uso do cartão no dia corresponde à origem da viagem; enquanto o registro final corresponde ao destino. Cruzando essas informações tem-se o par OD daquele passageiro.

Integração Tarifária: Foram tratados os casos em que o passageiro usa mais de uma linha para chegar ao destino.

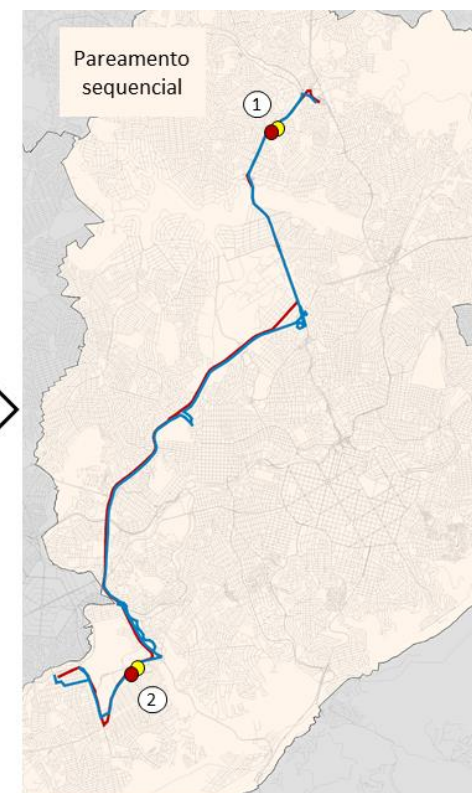
Múltiplos usos do cartão: Foram tratados os casos de pessoas que viajam juntas usando o mesmo cartão ou que fazem escalas ao longo do trajeto.



ID	Data Hora	Linha	Sentido
1	14/11/2019 08:30	6350	Ida



ID	Data Hora	Linha	Sentido
2	14/11/2019 15:40	6350	Volta



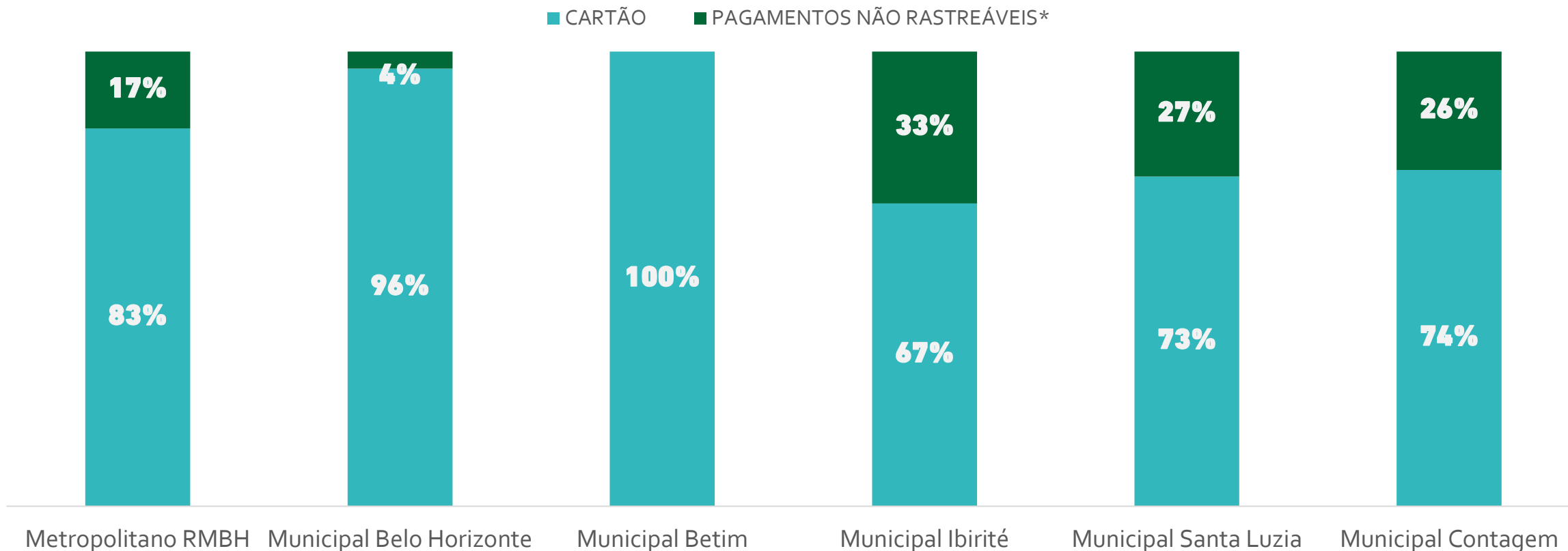
ORIGEM	registro de embarque
DESTINO	origem do deslocamento posterior

- Dados dos sistemas de **bilhetagem eletrônica** (SBE), relativos aos registros de viagens e à validação dos cartões:
 - Sistema metropolitano*
 - Belo Horizonte*
 - Betim
 - Contagem*
 - Santa Luzia
 - Ibirité
- Sistemas de rastreamento (**GPS**) dos veículos relativos aos mesmos sistemas de transporte e períodos de tempo correspondentes aos do SBE
- **Dados de novembro de 2019**: antes da pandemia, de forma a caracterizar os deslocamentos em condições normais de mobilidade e atividades urbanas

* Incluindo integrações com o metrô

\ DADOS RECEBIDOS DE BILHETAGEM ELETRÔNICA

10

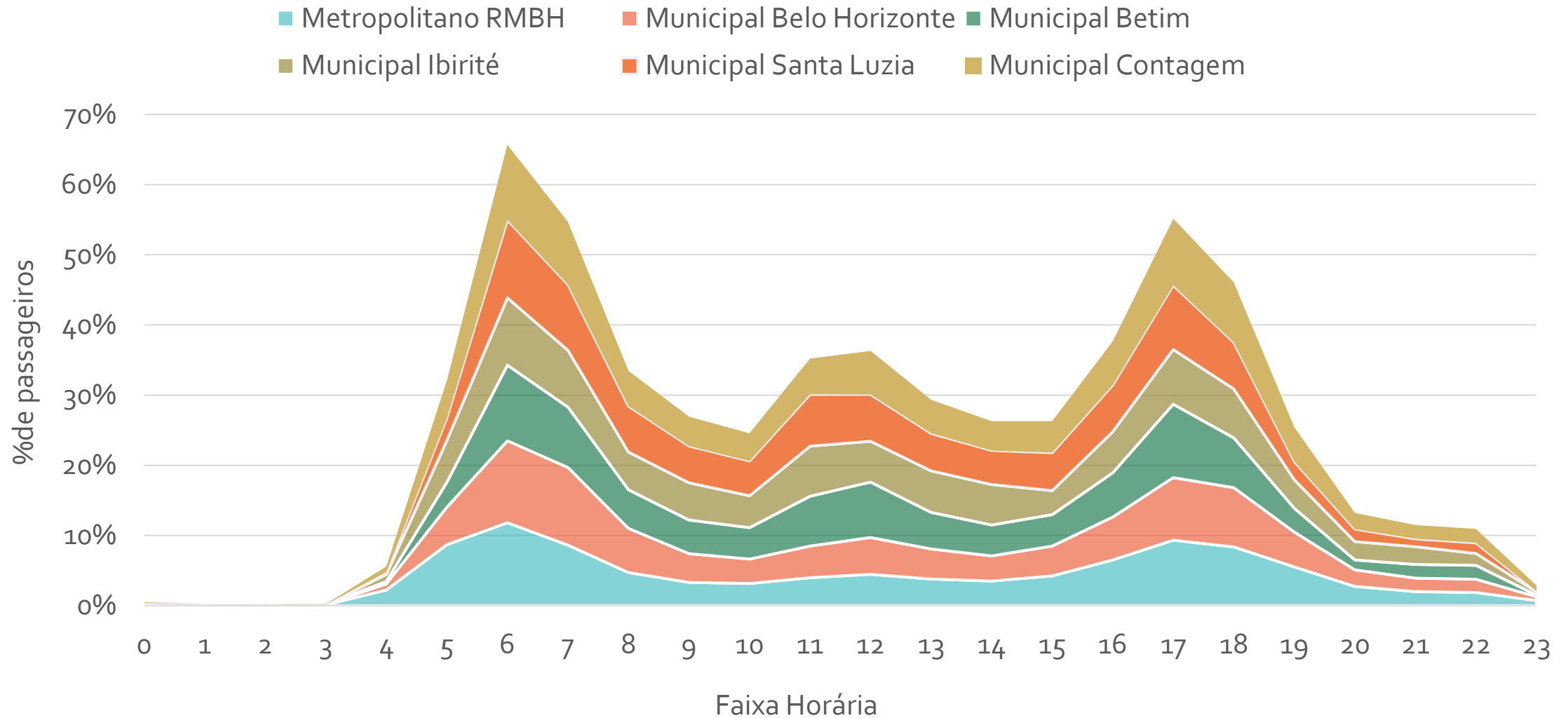


* Pagamentos em dinheiro, unitários BRT, giros registrados de roleta (botoeira)

Os dados de pagamento em dinheiro podem ou não ser registrados pelo sistema de bilhetagem eletrônica a partir do giro da catraca. Para alguns casos, esse dado foi expandido segundo informações disponíveis.

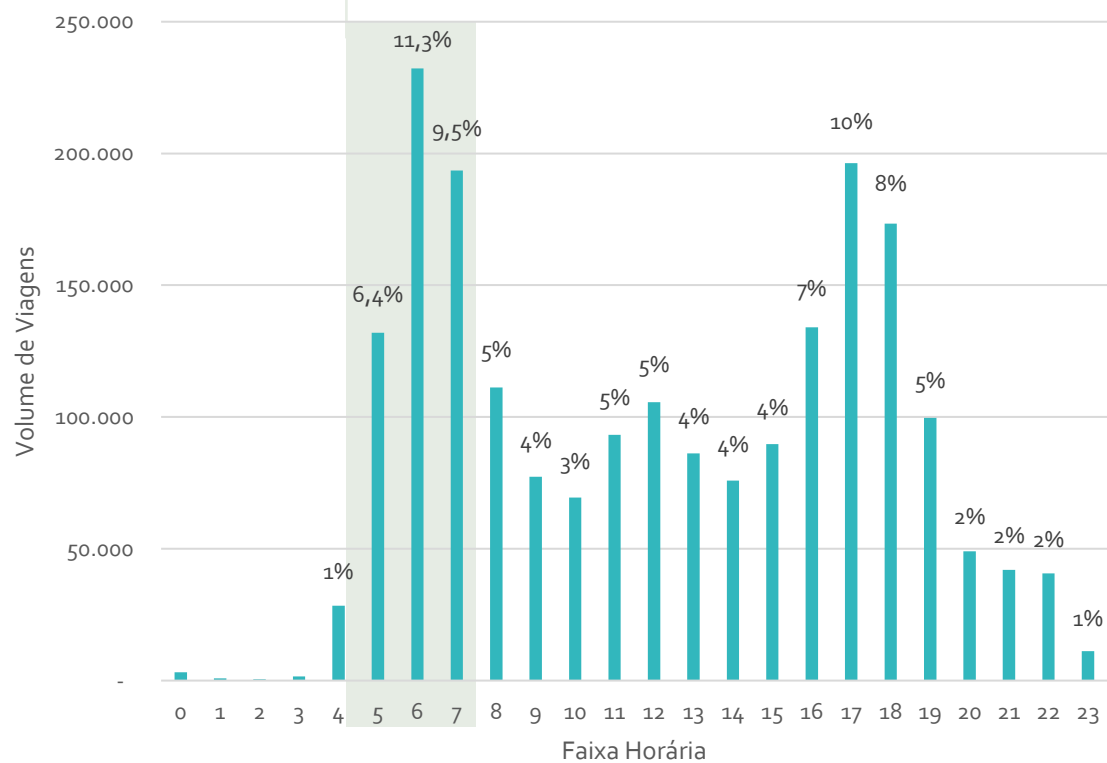
REGISTROS POR FAIXA HORÁRIA SBE

11



2.047.921 Viagens/dia

O pico manhã expandido das 5hs às 7h59min concentra **27%** das viagens



OD TELEFONIA ANÁLISE DA DIVISÃO MODAL \\ EM RELAÇÃO À OD SBE

46 MACROZONAS

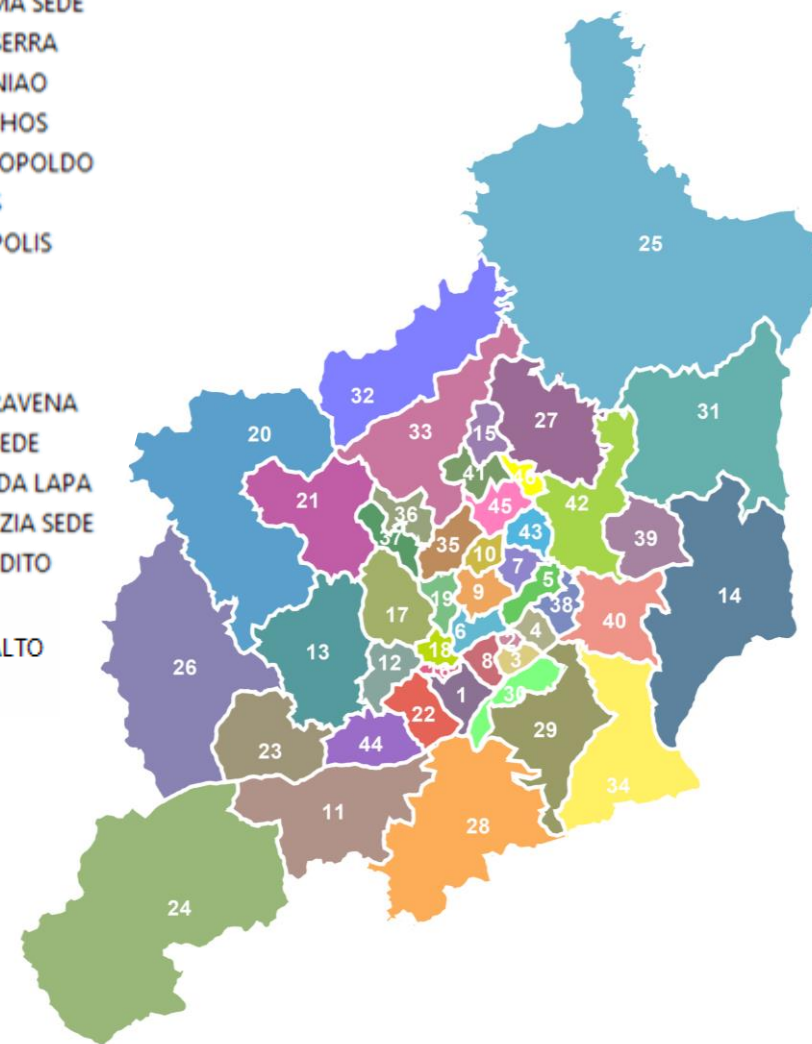
1002 ZONAS DO MODELO*

393 ZONAS VIVO

A análise da divisão modal foi realizada segundo 46 macrozonas de estudo, agrupadas segundo os setores censitários do IBGE de 2010.

Alguns municípios foram desagregados em mais de uma macrozona, em função da densidade da rede de transportes. São exemplos:

Belo Horizonte (BH)	10 macrozonas
Contagem (CT)	4 macrozonas
Betim (BT)	2 macrozonas
Nova Lima (NL)	3 macrozonas
Ribeirão das Neves (RN)	3 macrozonas
Sabará (SB)	3 macrozonas

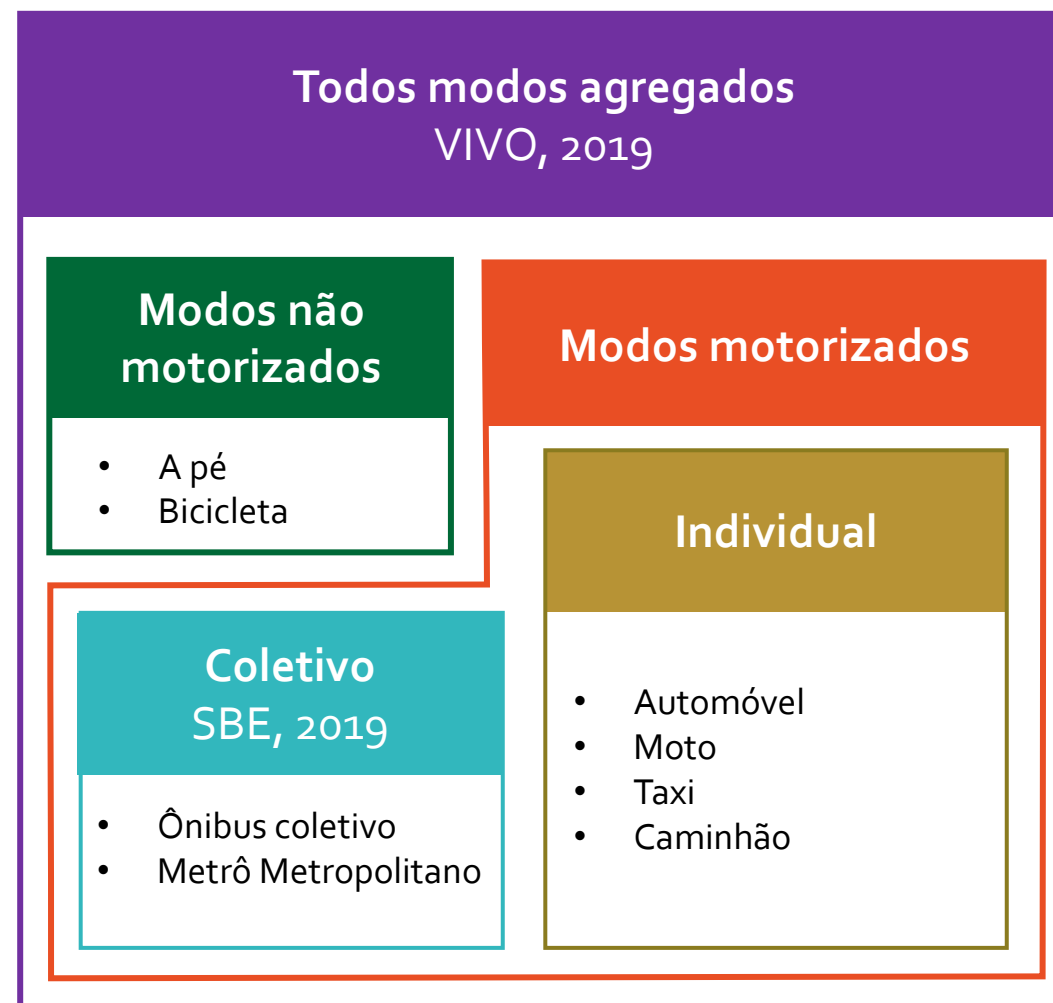


DADOS DE TELEFONIA MÓVEL (VIVO, 2019)

Matriz OD obtida a partir da coleta de dados de telefonia dos usuários da VIVO. Como a coleta não faz distinção entre modos de transporte, considera-se que ela **agrega todos os modos**.

DADOS DE BILHETAGEM ELETRÔNICA (SBE, 2019)

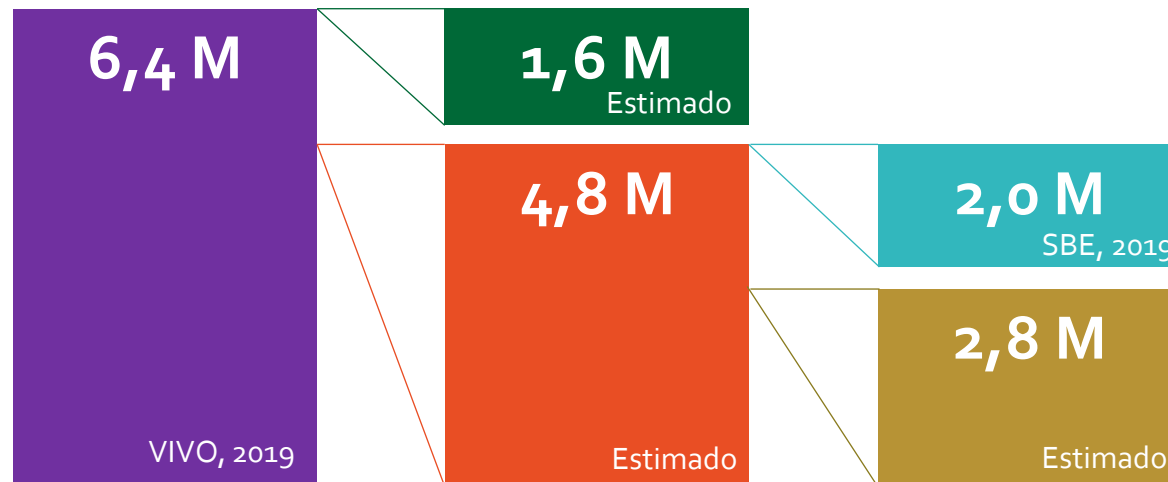
Dados precisos de bilhetagem eletrônica para um dia útil na RMBH – amostra de 100 % dos usuários de **transporte coletivo: ônibus + metro**.



ESTIMAÇÃO DO NÚMERO DE VIAGENS NÃO MOTORIZADAS

O número de viagens não motorizadas foi estimado com base nos índices de mobilidade da Pesquisa OD 2012 da RMBH (média ponderada do número de viagens não motorizadas por habitante).

- Deslocamentos internos à zona: 0,35 viagens / hab. / dia
- Deslocamentos internos à macrozona: 0,43 viagens / hab. / dia
- Deslocamentos entre macrozonas (adjacentes): 0,09 viagens / hab. / dia



- Todos os modos
Total de viagens VIVO, 2019
- Modos não motorizados
Estimação de viagens não motorizadas
- Modos motorizados
[Total de viagens VIVO] – [modos não motorizados]
- Modos coletivo
Total de viagens SBE, 2019
- Modo individual
[Viagens modos motorizados] – [total de viagens SBE]

1. PESQUISA OD RMBH (2012)

Base de dados construída a partir da **pesquisa Origem-Destino da RMBH** referente ao ano de **2012** para um dia útil. Os dados de viagem da pesquisa são coletados e agregados segundo 1288 Áreas Homogêneas.

A pesquisa OD representa a fonte de **dados de mobilidade mais completa** da RMBH, pois conta com dados socioeconômicos e de viagens dos entrevistados.

Os dados da pesquisa foram selecionados para estabelecer uma coerência entre as bases de dados da VIVO e de Bilhetagem eletrônica.

2. ANTP (2018)

O Sistema de Informações da Mobilidade Urbana é um relatório a nível nacional publicado pela **Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP)** relativos aos dados de **2018**.

Os indicadores de mobilidade considerados no presente estudo concernem apenas municípios de **mais de 1 milhão de habitantes**, a fim de obter dados comparáveis com a RMBH.

\ COMPARAÇÃO: DIVISÃO MODAL

18

9,8 MILHOES DE VIAGENS*

OD RMBH (2012)

66 MILHOES DE VIAGENS

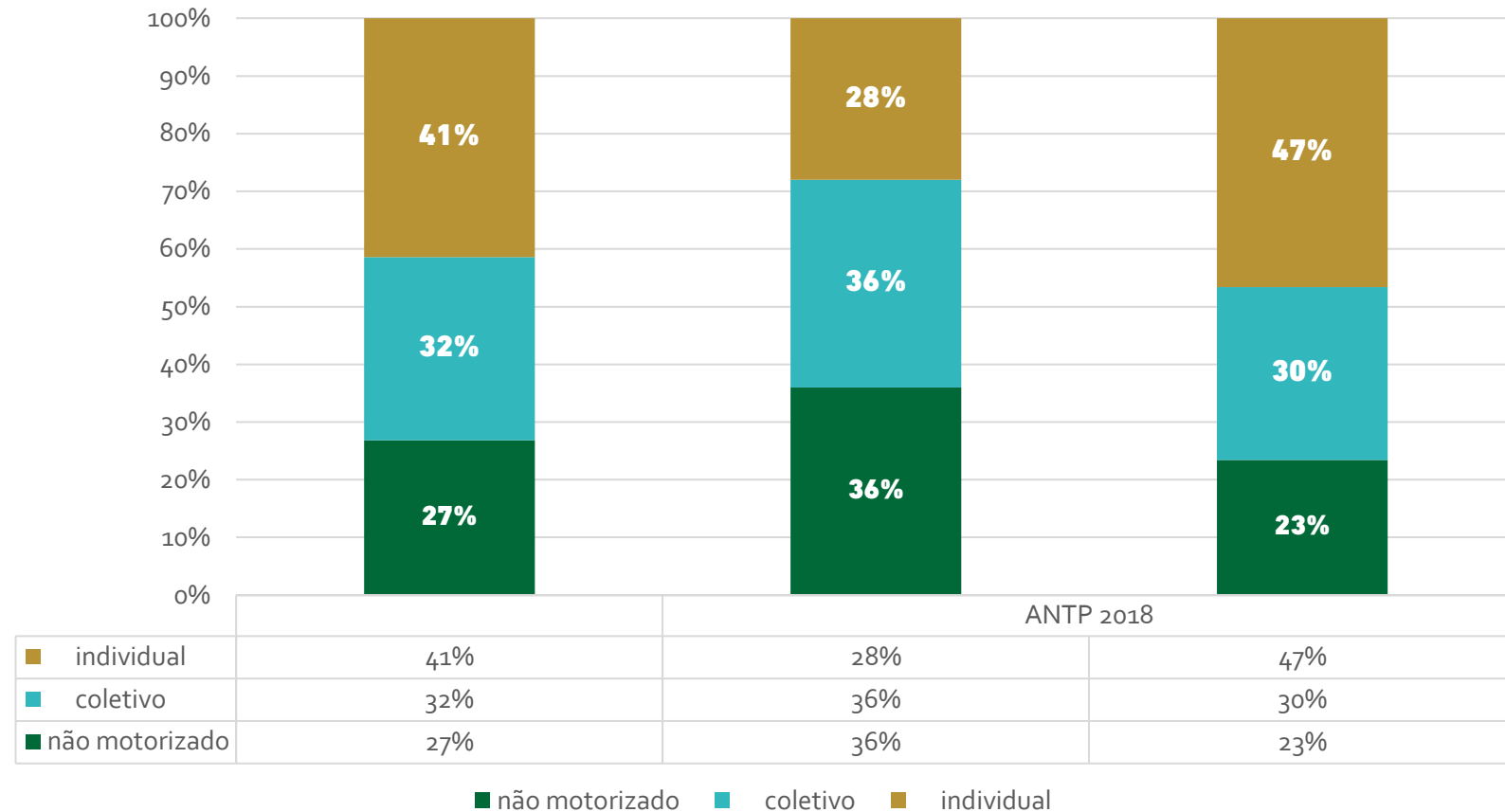
ANTP (2018) – Municípios brasileiros > 1 MI hab

6,4 MILHOES DE VIAGENS

Dados de telefonia VIVO (2019)

Na matriz OD de 2019, observa-se um aumento da parte modal dos modos individuais, em detrimento dos modos não motorizados e coletivos.

Comparação divisão modal: OD RMBH (2012), ANTP (2018) e VIVO/SBE (2019)



*Total de viagens da pesquisa OD 2012 após exclusão de viagens realizadas por menores de 18 anos, viagens cuja distância é menor que 500 m, e modos não considerados nos dados de bilhetagem eletrônica de 2019 (peruas, escolares).

COMPARAÇÃO: ÍNDICE DE MOBILIDADE

19

2,03 VIAGENS POR HAB POR DIA*

OD RMBH (2012)

População RMBH $\cong$ 4,8 milhões

1,92 VIAGENS POR HAB POR DIA

ANTP (2018) – Municípios > 1 MI hab.

População RMBH: 5,3 milhões

População amostra $\cong$ 30,9 milhões

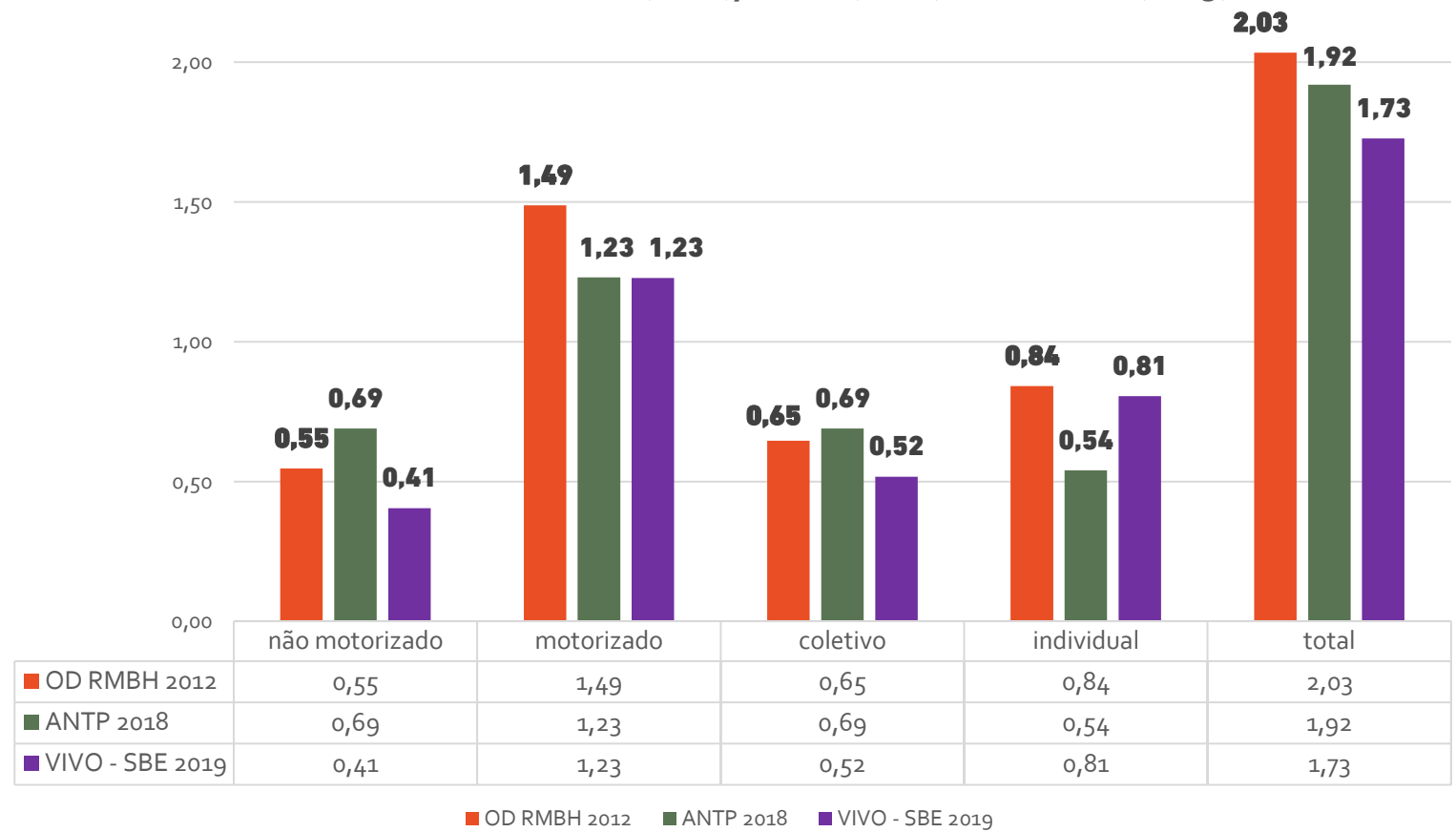
1,73 VIAGENS POR HAB POR DIA*

Dados de telefonia VIVO e SBE (2019)

População RMBH $\cong$ Vivo 3,9 milhões e SBE 5,3 milhões

O índice de mobilidade total de 2019 diminuiu em relação ao ano de 2012. Isso se deve a uma redução de viagens de todos os modos considerados.

Comparação índices de mobilidade por modo:
OD RMBH (2012), ANTP (2018) e VIVO/SBE (2019)



* Índice de mobilidade da pesquisa OD 2012 após exclusão de viagens realizadas por menores de 18 anos, viagens cuja distância é menor que 500 m, e modos não considerados nos dados de bilhetagem eletrônica de 2019 (peruas, escolares).

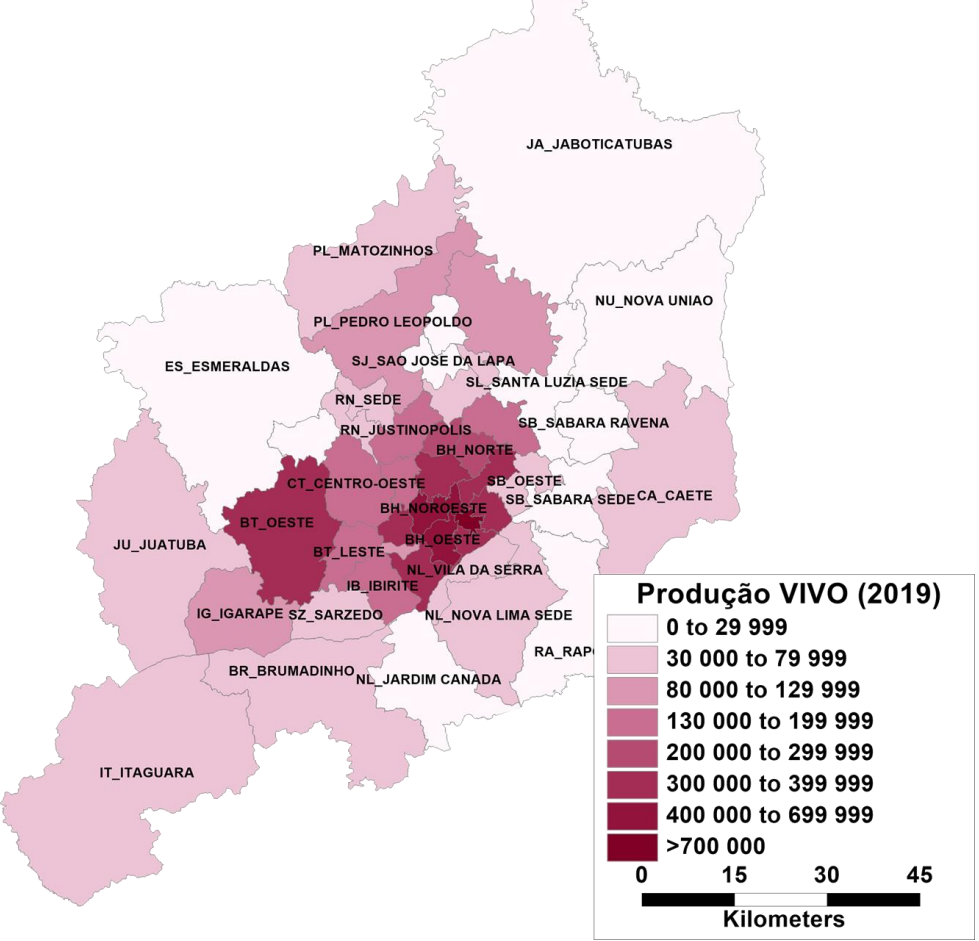
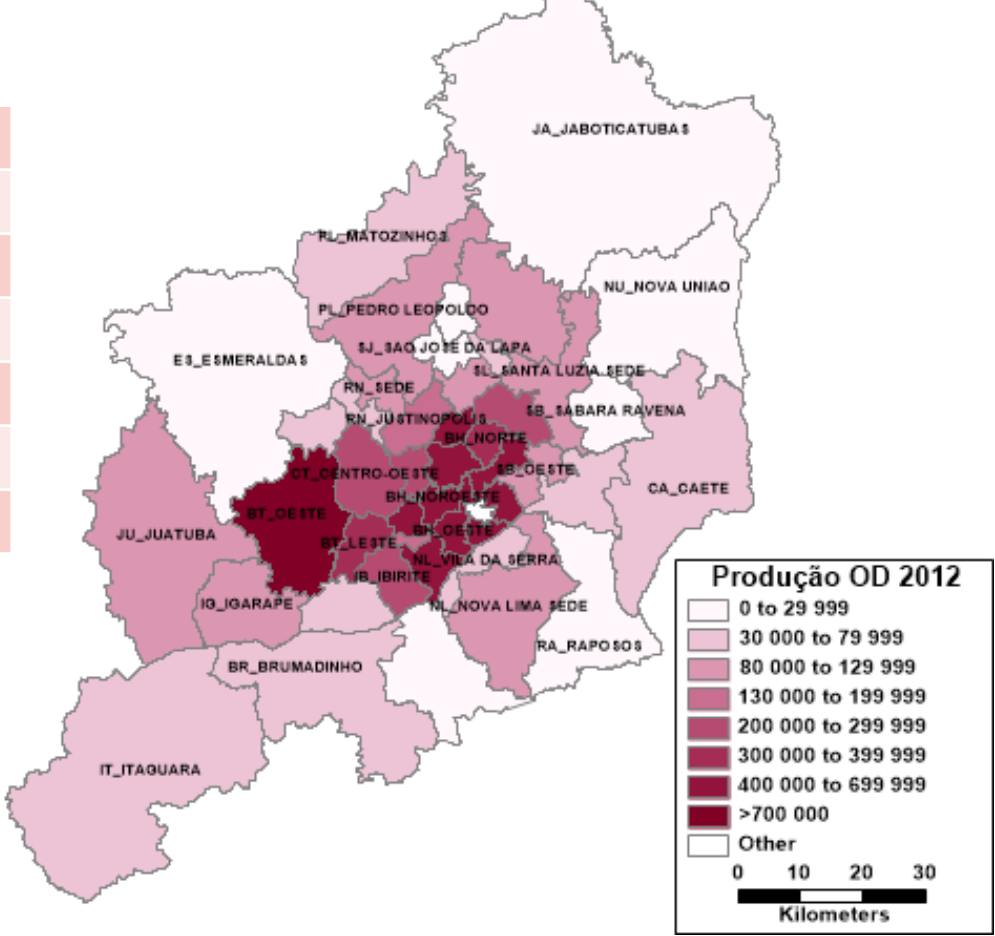
PRODUÇÃO DE VIAGENS POR MACROZONA

PARTICIPAÇÃO DOS MUNICÍPIOS NOS DESLOCAMENTOS DA RMBH (2019)

Belo Horizonte	59%
Contagem	11%
Betim	7%
Ribeirão das Neves	3%
Santa Luzia	2%
Pedro Leopoldino	2%
Outros	16%

9,8 MILHOES DE VIAGENS*
OD RMBH (2012)

6,4 MILHOES DE VIAGENS
Dados de telefonia VIVO e SBE (2019)



*Índice de mobilidade da pesquisa OD 2012 após exclusão de viagens realizadas por menores de 18 anos, viagens cuja distância é menor que 500 m, e modos não considerados nos dados de bilhetagem eletrônica de 2019 (peruas, escolares).

\ OD APLICATIVOS

BASE DE DADOS

Identificados único de usuário com posição temporal e espacial e perfil presumido (sexo, faixa etária e faixa de renda)

	#PINs	#IDs	PERÍODO	TIPO
1	348.980.099	465.103	Dez/2020 a mar/2021	Amostra
2	256.377.932	451.707	Abr/2021 a jun/2021	Amostra
3	860.088.696	2.057.500	Jun/2021 a set/2021	Dado completo



Com uma amostra **diária média** de 1.5M de usuários distintos, a base tem **potencialmente** o registro de **25%** da população da RMBH*

O QUE É UM PIN?

“Chamada” de geolocalização que uma aplicação faz em um dispositivo móvel.

A “chamada” é controlada por cada APP e enviada para um banco de dados único.

LIMITAÇÕES

- Não temos o controle de quando é executado um PIN.
 - Um PIN não está ligado necessariamente ao uso do aparelho/aplicativo.
 - Dados socioeconômicos presumidos

\ FREQUÊNCIA DA AMOSTRA POR USUÁRIO

23

	DATA INICIO	DATA FIM	MÉDIA IDs ÚNICOS POR DIA
1	24/12/2020	22/03/2021	360K
2	03/04/2021	29/06/2021	346K
3	08/06/2021	03/09/2021	1.5M

Histograma de número de usuários com determinado número de pins agregados por dia da semana



\ FREQUÊNCIA DA AMOSTRA POR FAIXA HORÁRIA

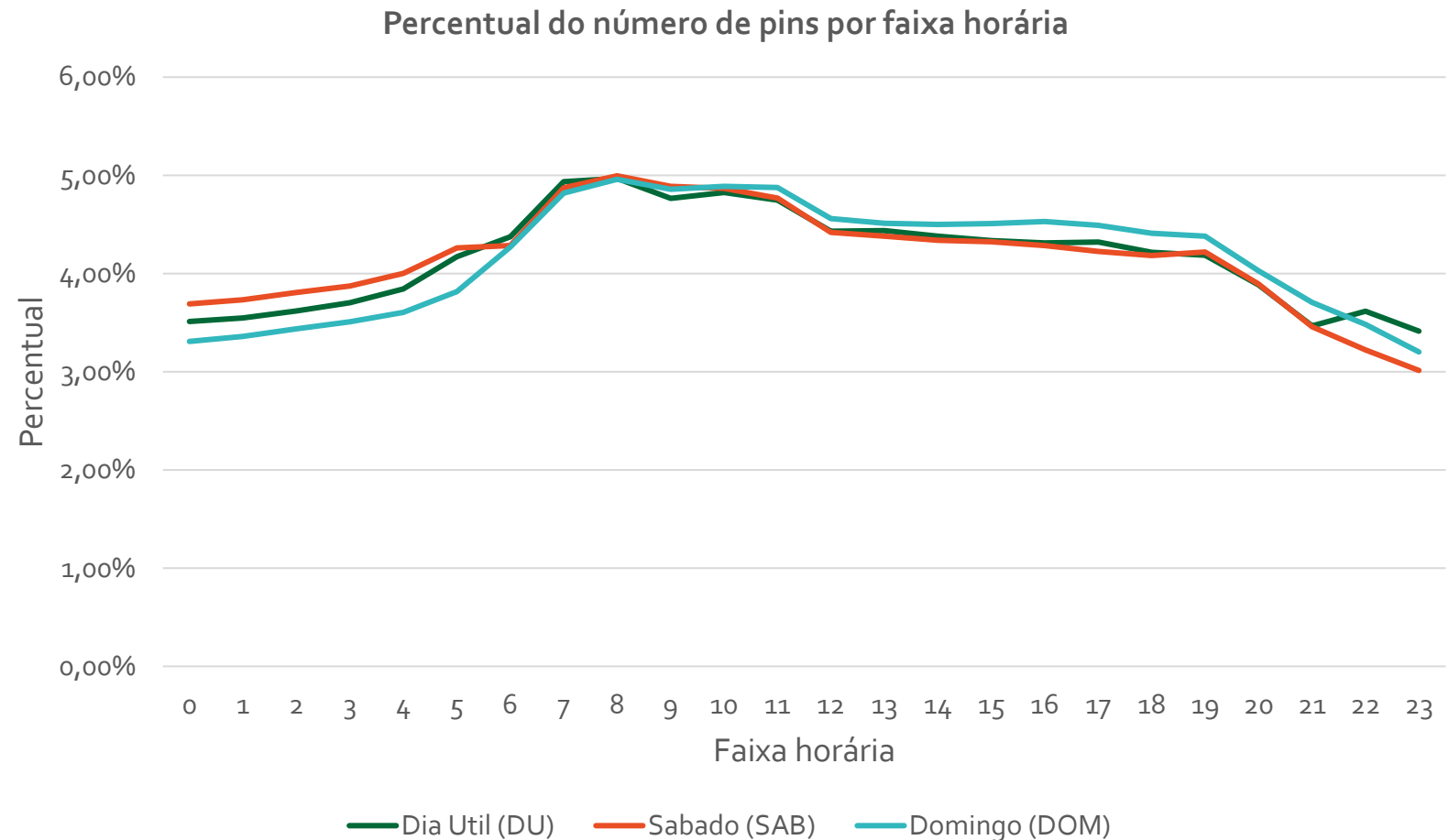
24

FREQUÊNCIA DE PINS DURANTE O DIA

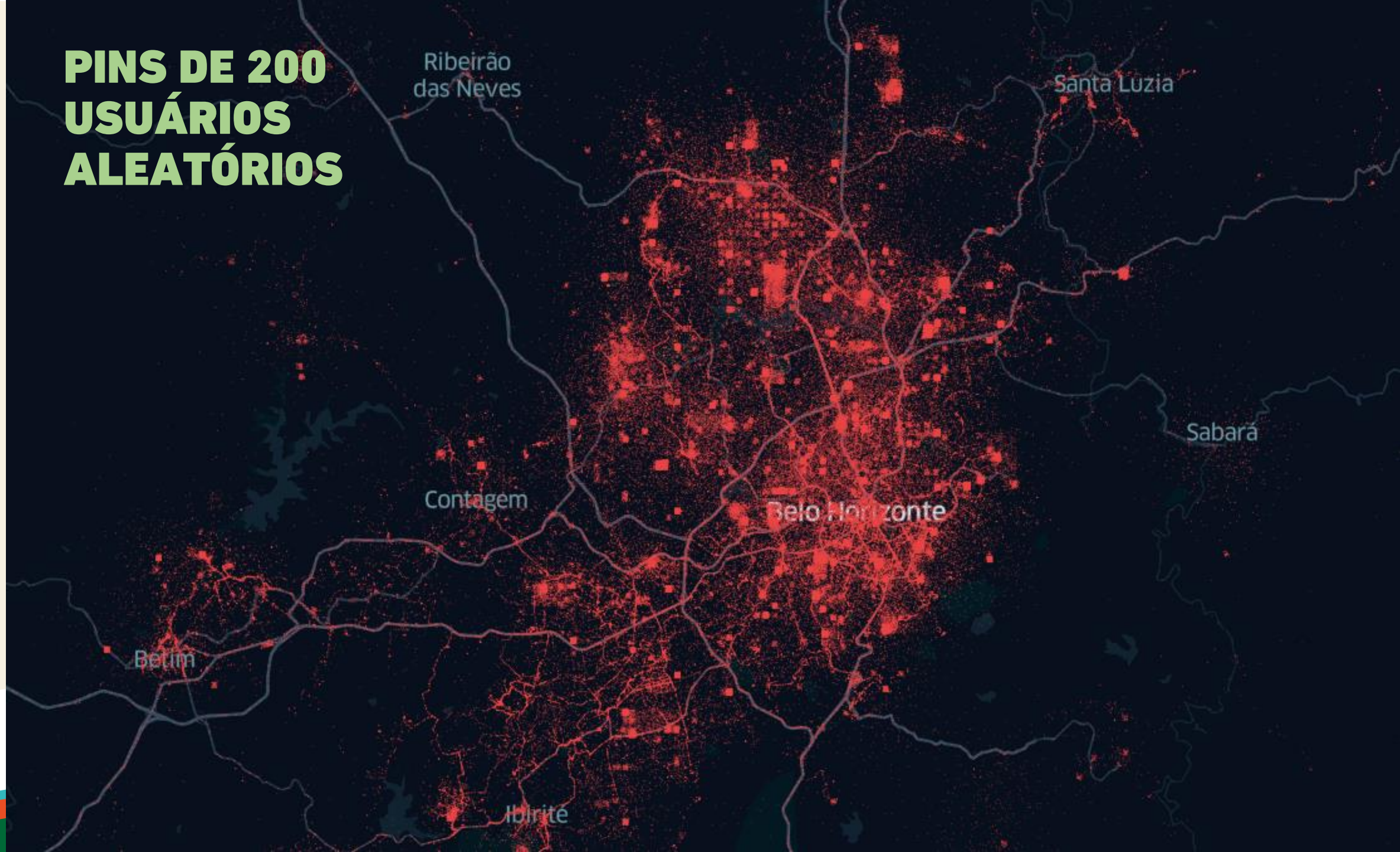
Percentualmente, o número de pins varia pouco durante o dia.

Um maior número de pins são observados no período da manhã, entre 6h e 11h.

O mesmo padrão de pins são observados em dia útil, sábado e domingo.



PINS DE 200 USUÁRIOS ALEATÓRIOS



3 MESES DE 1 USUÁRIO ALEATÓRIO



FILTRAGEM DOS DADOS

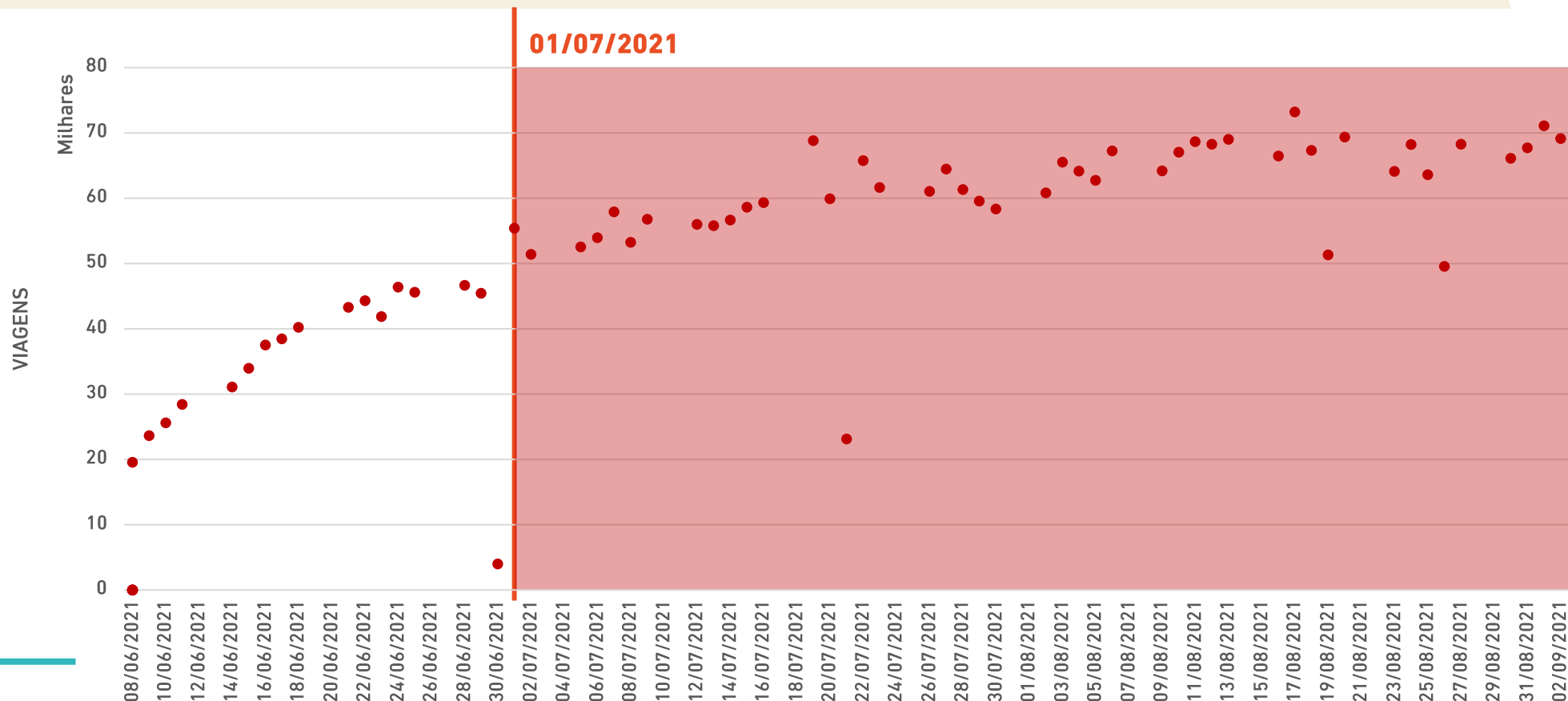
- Remoção de usuários com pouca densidade de pins
- Remoção de usuários não residentes
- Clusterização de pontos próximos para evitar viagens curtas geradas por erro de GPS

DEFINIÇÃO DE PERMANÊNCIA

- Identificação de zonas de visitação frequente
- Determinação de tempo de permanência aproximado (não se sabe com certeza quando usuário saiu/entrou em cada zona)
- Identificação de deslocamentos entre zonas de permanência
- Seleção do par O-D mais frequente do usuário e com mais viagens, usando apenas dados a partir de 01/07/2021

EXPANSÃO

- Definição da zona de residência/trabalho por tempo de permanência e densidade de pontos
- Expansão para total de residentes por setor censitário da estimativa de 2020 do PlanMob
- Matriz Origem-destino usando todos os registros de deslocamento a partir de AGO-2021 dos dias úteis



- Viagens por dia obtidas após tratamento dos dados completos recebidos
- Cada dia contém um conjunto distinto de usuários
- O mesmo usuário pode aparecer em mais de um dia
- As viagens aumentam conforme o tempo passa (efeito COVID)
- A filtragem para compor o estudo levou em consideração apenas viagens após o dia 01/07/2021 por apresentarem maior estabilização dos dados

7.935.348 Viagens

1,47 Índice de Mobilidade Geral

9% De amostra do total da população

TOP 10

NOME MACRO ZONA	%VIAGENS PRODUZIDAS
BH CENTRO-SUL	8,6%
BH NOROESTE	6,8%
BH OESTE	6,1%
BH BARREIRO	5,8%
BH NORDESTE	5,3%
BT OESTE	5,1%
BH LESTE	5,1%
BH VENDA NOVA	4,7%
BH PAMPULHA	4,6%
CT ELDORADO	3,9%

Com uma amostra **diária média** de 1.5M de usuários distintos, a base tem **potencialmente** o registro de **25%** da população da RMBH

Após todos os tratamentos de filtros, identificação de zonas de permanências e deslocamentos rastreáveis, chegamos em uma amostra final com pouco mais de 500k usuários distribuídos no período de 01/07 a 02/09/2021

Assim nossa amostra final chega ao equivalente 9% da população. Apesar da queda significativa do potencial esperado, ainda assim temos o dobro de amostragem do praticado em entrevistas O-D residencial tradicionais.

RESULTADOS OD APP

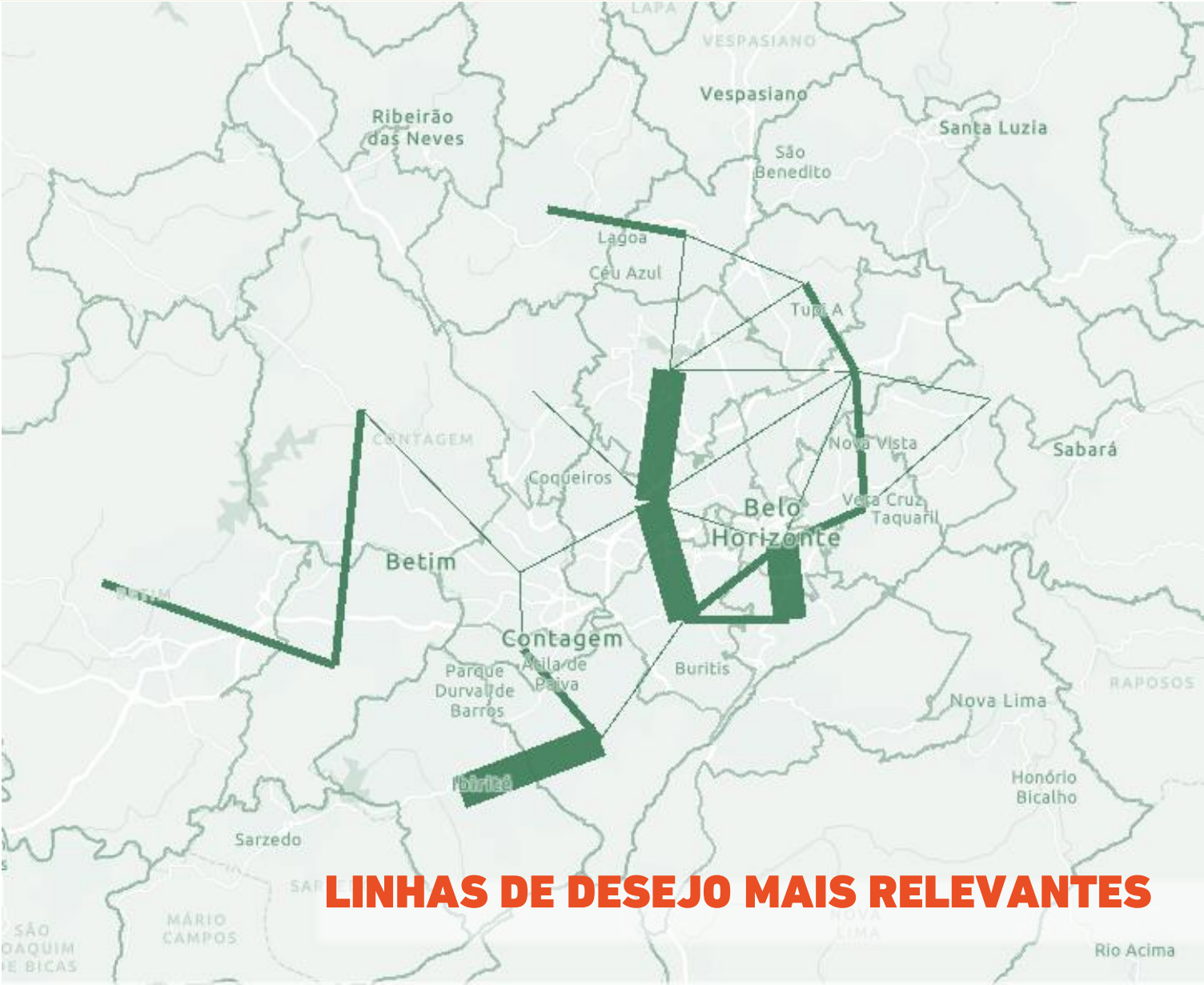
7.935.348 Viagens

1,47 Índice de Mobilidade Geral

9% De amostra do total da população

TOP 10

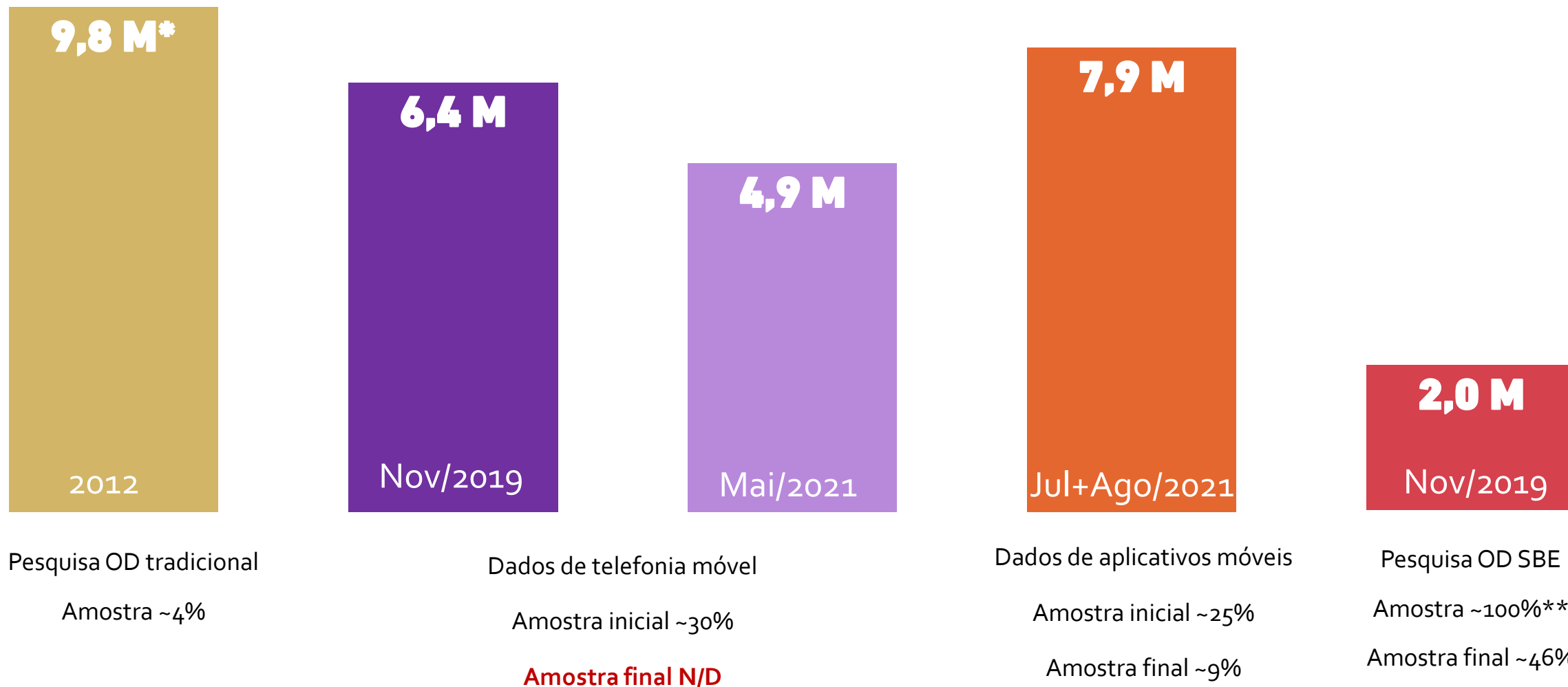
NOME MACRO ZONA	%VIAGENS PRODUZIDAS
BH CENTRO-SUL	8,6%
BH NOROESTE	6,8%
BH OESTE	6,1%
BH BARREIRO	5,8%
BH NORDESTE	5,3%
BT OESTE	5,1%
BH LESTE	5,1%
BH VENDA NOVA	4,7%
BH PAMPULHA	4,6%
CT ELDORADO	3,9%



\ OUTRAS COMPARAÇÕES

V VOLUME DAS MATRIZES

32



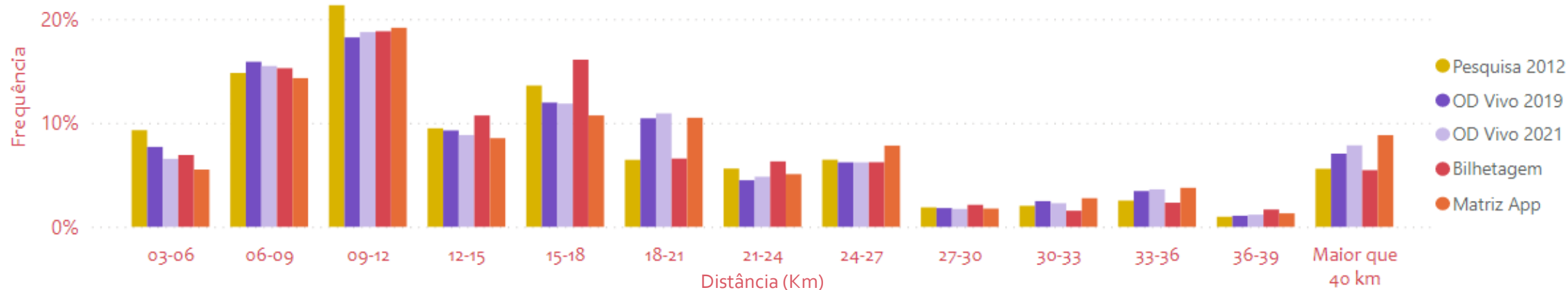
**100% dos registros eletrônicos e informação detalhadas de pagamento em dinheiro dos sistemas considerados (Metropolitano, Metrô, Municipais de Belo Horizonte, Contagem, Betim, Ibirité e Santa Luzia)

* Pesquisa OD 2012 após exclusão de viagens realizadas por menores de 18 anos, viagens cuja distância é menor que 500 m, e modos não considerados nos dados de bilhetagem eletrônica de 2019 (peruas, escolares).

% DA DEMANDA POR FAIXA HORÁRIA

A matriz por aplicativo não permite análise por faixa horária diretamente do seu banco de dados e os picos da VIVO são deslocados

HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DE DESLOCAMENTOS PELA DISTÂNCIA PERCORRIDA



O arquivo em PowerBI que permite as análises comparativas entre as matrizes está sendo disponibilizado como arquivo complementar à esta apresentação

NOVAS PESQUISAS LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

1. ZONAS GEOGRÁFICAS E DADOS DEMOGRÁFICOS

As zonas geográficas utilizadas para agregação dos dados de viagens da VIVO e do Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE) são distintos:

- SBE (2019): 1002 zonas agrupadas segundo áreas censitárias do IBGE (2020).
População RMBH: 5,4 MI hab.
- VIVO (2019): 393 zonas agrupadas de acordo a disponibilidade de antenas.
População : 3,9 MI hab.

! Possível impacto nos índices de mobilidade 2019: superestimação do número de viagens por habitante.

2. AMOSTRA DE POPULAÇÃO

A matriz OD obtida pelo Sistema de Bilhetagem Eletrônica (SBE, 2019) é uma base de dados confiável para os modos de transporte público da RMBH. A amostra é de 100% dos usuários de transporte coletivo em um dia útil.

A amostra inicial de dados de telefonia é de apenas 30% da população da RMBH. Isso implica que ela representa apenas em parte os padrões de mobilidade da zona de estudo e um número reduzido de viagens realizadas.

! Possível impacto na divisão modal: subestimação do número de viagens por modos não motorizados e individuais

3. POPULAÇÃO-ALVO DA MATRIZ OD VIVO

Os dados de telefonia VIVO possuem limitações quanto à população-alvo e quanto a alguns tipos de deslocamentos. Além disso, diferentemente de uma pesquisa OD tradicional, não é possível conhecer precisamente os modos utilizados ou dados socioeconômicos da população amostrada.

São excluídos dessa matriz:

- Deslocamentos de menores de 18 anos
- Deslocamentos inferiores à 500 m

! Ausência de dados para alguns grupos censitários e deslocamentos curtos, em geral não motorizados.

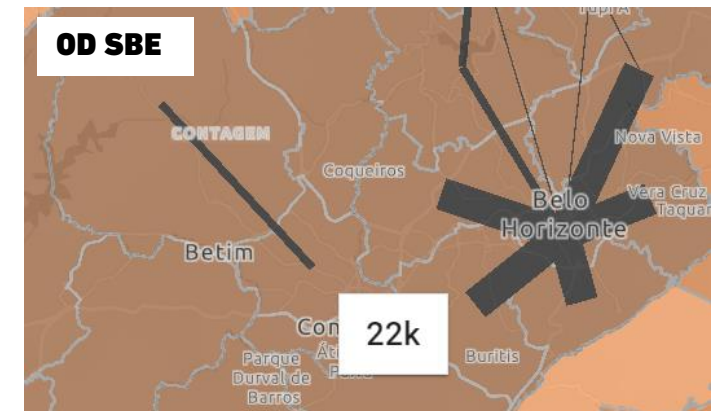
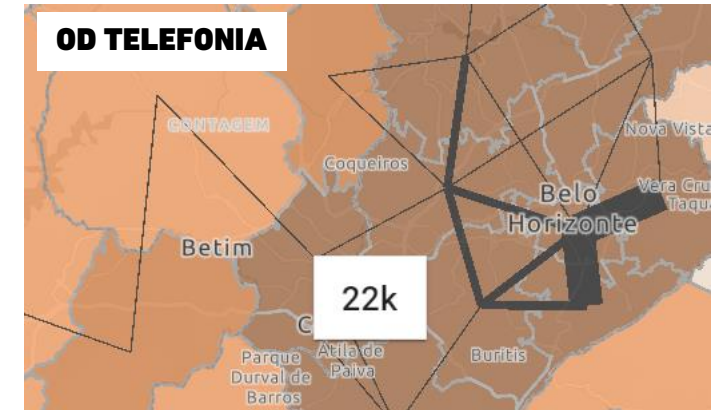
Apesar das limitações identificadas em relação aos dados de telefonia e aplicativo, é interessante utilizá-los e buscar aprimorá-los pelos seguintes motivos:

- Possibilidade de **complementar os resultados obtidos com a OD de bilhetagem eletrônica** para análises de migração modal
- Possibilidade de **obter dados de mobilidade anteriores e posteriores à pandemia da COVID-19** para análise dos impactos nos deslocamentos
- Possibilidade de coletar um **grande volume de dados**
- Coleta passiva e **minimização da possibilidade de erros**
- **Atualidade e precisão**, o que é extremamente importante em momentos em que há repentinas mudanças nos padrões de deslocamentos
- **Redução do custo e do tempo de execução da pesquisa**

\ RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

37

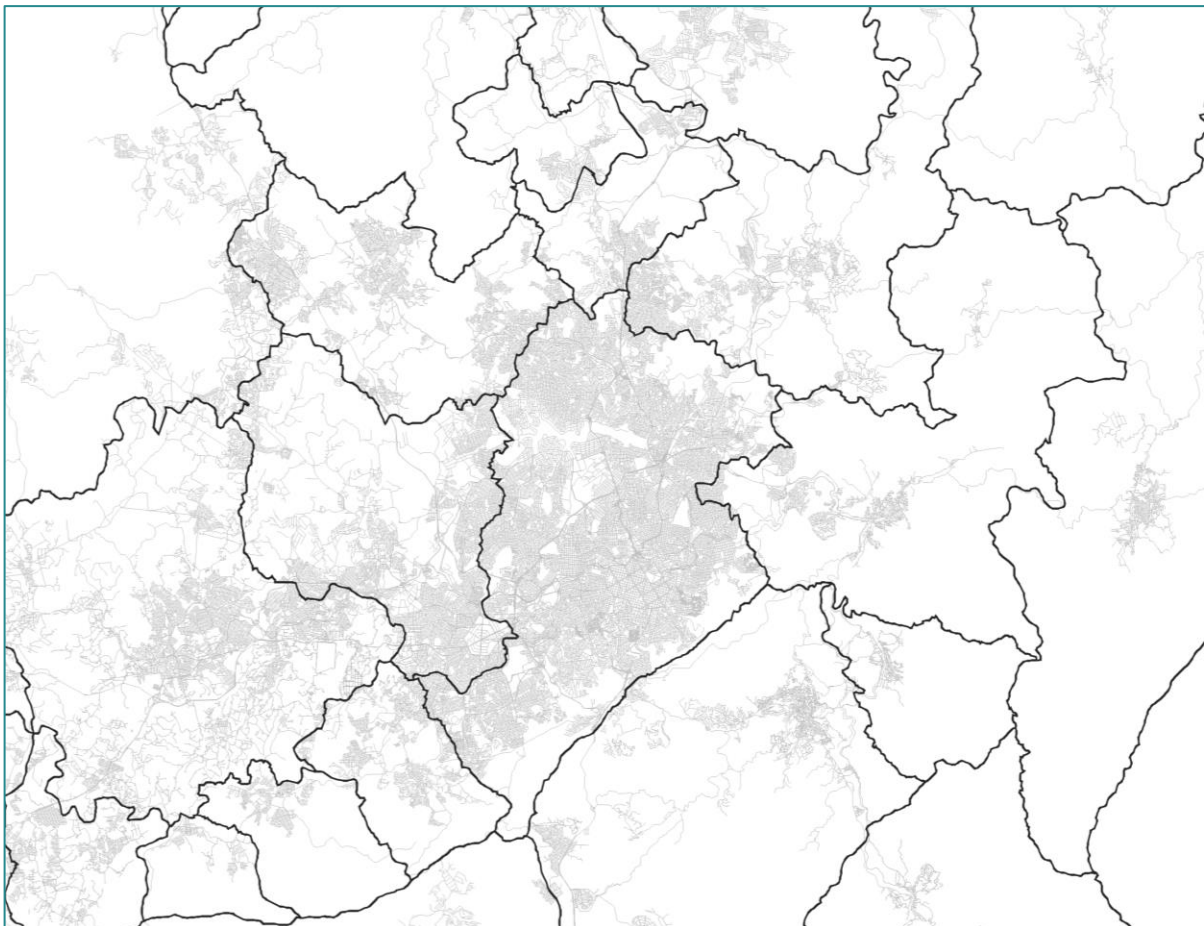
- É importante que o provedor dos dados informe a **relação entre o número de registros e o fator de expansão e demonstre que há coerência** (para pares OD que tenham volume de demanda alto, a diferença entre a OD Telefonia e OD SBE não pode ser zero ou negativa)
- Ainda que os dados sejam anonimizados, seria ideal que fosse fornecido o **perfil básico dos indivíduos**, com informações tais como gênero, faixa etária, ocupação e renda
- Priorizar provedores que sejam capazes de fornecer **informações quanto à divisão modal**, avaliando a possibilidade de incorporar dados de aplicativos de transporte público como insumos para pesquisa (Moovit, Quicko, CittaMobi)
- Avançar nas pesquisas e análises para **reduzir as limitações** e permitir que mais informações sejam obtidas, tal como as **viagens por dia da semana**



O exemplo acima apresenta os deslocamentos entre as macrozonas Centro-Oeste e Eldorado, localizadas em Contagem. A OD Telefonia apresenta um par OD com 22 mil viagens enquanto que a OD SBE apresenta as mesmas 22 mil viagens, o que induz a uma conclusão errônea de que todas as viagens realizadas entre essas macrozonas são realizadas em transporte coletivo

\ ATUALIZAÇÃO DA REDE

REDE VIÁRIA



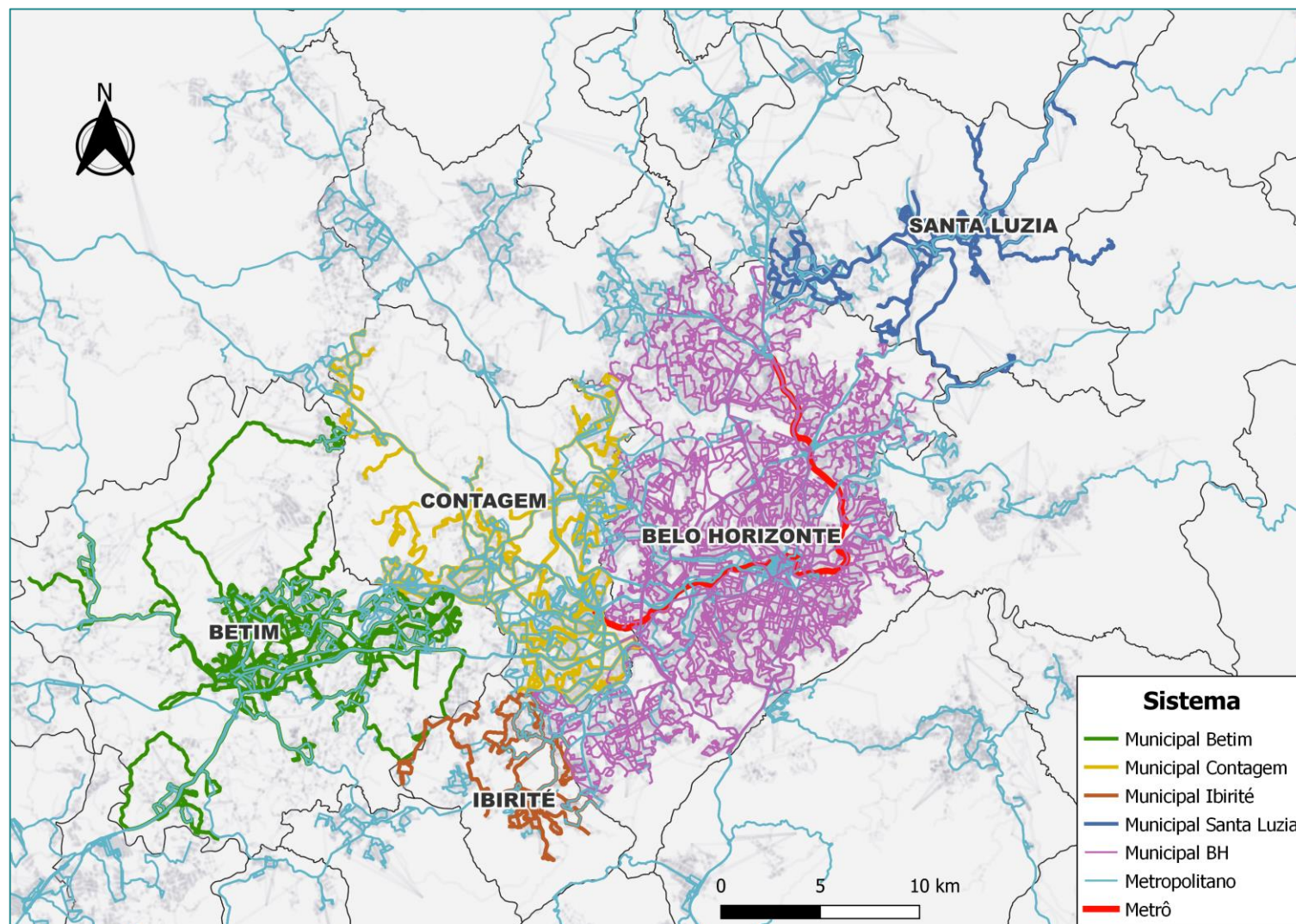
CIDADE	KM DE VIAS	CIDADE	KM DE VIAS
Belo Horizonte	4.930	Matozinhos	289
Betim	2.038	Juatuba	287
Contagem	1.646	Caeté	242
Ribeirão Das Neves	988	Itatiaiuçu	185
Nova Lima	876	Sarzedo	138
Esmeraldas	838	São José da Lapa	127
Santa Luzia	733	Baldim	104
Brumadinho	496	Taquaraçu de Minas	102
Lagoa Santa	460	Rio Manso	100
Sabará	442	Rio Acima	97
Pedro Leopoldo	404	Confins	96
Ibirité	403	Raposos	92
Jaboticatubas	399	Capim Branco	92
Vespasiano	372	Itaguara	90
Mateus Leme	368	Florestal	75
Igarapé	356	Mário Campos	68
São Joaquim de Bicas	344	Nova União	40

ROTAS

Rotas levantadas e cadastradas no modelo de simulação.

SISTEMA	ROTAS
Metrô	2
Municipal BH	756
Metropolitano	1.258
Municipal Betim	104
Municipal Contagem	90
Municipal Ibirité	16
Municipal Santa Luzia	80
TOTAL (POR SENTIDO)*	2.103

** Incluem linhas principais e sublinhas, rotas desativadas e a futura Linha 2 do metrô*



REGRAS TARIFÁRIAS MODELO

GESTOR/ SISTEMA	SERVIÇO	TARIFA PÚBLICA (R\$ EM NOV/2019)	TIPOS DE INTEGRAÇÃO	
			INTERNA AO SISTEMA	ENTRE SISTEMAS
METRÔ	Linha 1	FIXA – ÚNICA: 3,70	NA	Com serviços da BHTrans, SEINFRA e TRANSCON
BHTRANS	MOVE e Convencional	FIXA – ÚNICA por GRUPO/TIPO de linha (I, II, III, IV e V) Tarifa principal: 4,50	<u>Regra Geral:</u> Tarifa Integrada = Tarifa integrada com redução de 50% da menor tarifa <u>Em Term./ Estações:</u> Reduções no segundo embarque	Apenas com Metrô
SEINFRA	MOVE e Convencional	FIXA - ÚNICA por grupo de linha	<u>Regra Geral:</u> Tarifa Integrada = Tarifa integrada com redução de 50% da menor tarifa <u>Em Term./ Estações:</u> Tarifa Integrada = Maior Tarifa dentre os modos. (Alim-Troncal)	Apenas com Metrô
TRANSCON	Ônibus mun. - Contagem	FIXA 4,35	Integração Gratuita	Apenas com Metrô
ECOS	Ônibus mun. - Betim	FIXA 4.05	Sem integração	Sem integração
IBIRITRANS	Ônibus mun. – Ibirité	FIXA 4.05	Sem integração	Sem integração
SEC. SEGURANÇA PÚBLICA, TRÂNSITO E TRANSPORTES	Ônibus mun. – Santa Luzia	FIXA 4.25	Sem integração	Sem integração

\ ANEXOS

SHAPEFILES

ARQUIVO	NOME DO ARQUIVO	FORMATO
Zoneamento OD SBE / App (1002 zonas)	ZnTrans_RMBH_Vetores_zn1002_SYSTRA_2021	shp
Macrozoneamento – divisão modal (46 zonas)	ZnTrans_RMBH_VIVO_MZonas_zn46_SYSTRA_2021	shp

MATRIZES OD

ARQUIVO	NOME DO ARQUIVO	FORMATO
Matriz O-D Bilhetagem Eletrônica (SBE)	MatrizExpandidaSBE	csv
Matriz O-D Aplicativo	MatrizExpandidaApp	csv
Análises comparativas entre as matrizes		pbix

\ OBRIGADO