

# RELATÓRIO DE METODOLOGIA E RESULTADOS OD RMBH 2019-2021

Desenvolvimento de uma Matriz Origem/Destino  
com dados de telefonia móvel para a Região  
Metropolitana de Belo Horizonte

Realização:

INFRAESTRUTURA  
E MOBILIDADE



MINAS  
GERAIS

GOVERNO  
DIFERENTE.  
ESTADO  
EFICIENTE.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO  
DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE BELO HORIZONTE

vivo

**LUCA** AI Powered  
Decisions



# Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

DESENVOLVIMENTO DE UMA MATRIZ  
ORIGEM/DESTINO COM DADOS DE TELEFONIA  
MÓVEL PARA A REGIÃO METROPOLITANA DE  
BELO HORIZONTE

INFRAESTRUTURA  
E MOBILIDADE



**MINAS  
GERAIS**

GOVERNO  
DIFERENTE.  
ESTADO  
EFICIENTE.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO  
DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE BELO HORIZONTE

[luca-d3.com](http://luca-d3.com)

\*\*\*Este documento está clasificado como PUBLICO por TELEFÓNICA.

\*\*\*This document is classified as PUBLIC by TELEFÓNICA.

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Governador**

*Romeu Zema Neto*

**Vice-Governador**

*Paulo Eduardo Rocha Brant*

**SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE – SEINFRA**

**Secretário de Estado de Infraestrutura e Transportes**

*Fernando Scharlack Marcato*

**Subsecretário de Transportes e Mobilidade**

*Gabriel Ribeiro Fajardo*

**Equipe Técnica**

*Joana Campos Brasil*

*Samuel Herthel Cunha e Silva*

**AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – ARMBH**

**Diretora Geral**

*Mila Batista Leite Corrêa da Costa*

**Diretor de Planejamento**

*Charlston Marques Moreira*

**Equipe Técnica**

*Diego Pessoa Santos*

*Paulo Henrique Góes Pinto*

*Charlston Marques Moreira*

**VIVO EMPRESAS**

*Maria Cristina Rincon – Gerente de Negócios*

*Cristiano Veloso Souza Mendes – Gerente de Vendas*

*Aquiles Chan - Diretor Vendas Governo*

**Equipe Técnica**

*Luiz Norberto Branquinho – Coordenador*

*Maro Lopes de Souza Neto – Especialista Big Data e Geoprocessamento*

# Índice

Contexto e motivação do estudo .....	3
1 Escopo do projeto e plano de execução .....	4
1.1 Alcance da análise.....	4
1.2 Período de análise.....	5
1.3 Formato esperado da matriz origem-destino .....	5
1.4 Produtos a serem entregues.....	5
1.5 Cronograma de trabalho.....	7
2 Metodologia de análise.....	8
2.1 Introdução a plataforma e privacidade dos dados .....	8
2.2 Validações da metodologia.....	12
2.3 Construção das zonas de estudo .....	14
2.4 Qualificação da amostra e limpeza de dados .....	25
2.5 Tratamento dos dados para geração das viagens.....	26
2.6 Representatividade estatística da amostra .....	29
2.7 Processo de expansão da amostra.....	38
2.8 Limites da metodologia.....	40
2.9 Framework de trabalho .....	40
3 Pré-Testes .....	41
4 Resultados da Matriz OD RMBH Novembro de 2019 (01 a 20) .....	43
4.1. Resultados Gerais.....	43
4.2. Cruzamentos .....	50
4.3. Análises de Municípios.....	54
4.4. Linhas de Desejo .....	57
5 Resultados da Matriz OD RMBH Maio de 2021 (01 a 20) .....	61
5.1. Resultados Gerais.....	61
5.2. Cruzamentos .....	67
5.3. Análises de Municípios.....	71
5.4. Linhas de Desejo .....	74
6 Principais Comparativos Novembro de 2019 e Maio de 2021.....	78
7 Considerações Finais.....	84
7.1 Resumo .....	84
7.2 Importância.....	84
7.3 Resultados.....	84
7.4 Objetivos .....	85
7.5 Dificuldades.....	85
7.6 Melhorias .....	85
8 Bibliografia .....	86

# Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

Para que esse relatório seja fluido para quem o lê, em conjunto com a SEINFRA foi decidido manter o relatório de metodologia e de resultados em um único relatório, assim teremos informações técnicas de tratamentos de dados em conjunto com os resultados obtidos.

## Introdução

Trata-se de um relatório contendo metodologia utilizada para gerar uma matriz OD entre 393 zona na RMBH utilizando-se de dados de telefonia móvel, esse relatório também há apresentação dos resultado obtidos para tal matriz OD, onde por sua vez para se obter tais resultados foram realizados vários testes para análises e validações das metodologias utilizadas os quais estão descritos nesse relatório.

## Contexto e motivação do estudo

O conhecimento do padrão de viagens é um elemento primordial para o planejamento da mobilidade, construindo-se também como insumo para estudos relativos a concessões de transporte, gerenciamento do tráfego e estudos de impacto de atividades urbanas. A boa integração da rede de transportes promove o desenvolvimento econômico, melhora o ambiente de negócios, fomenta uma maior integração social da população e melhora a qualidade de vida dos cidadãos.

As estatísticas de mobilidade populacional são o que permitem ao poder público melhorar a assertividade no planejamento e execução das políticas públicas que atendem o setor de transportes. Tradicionalmente a obtenção destes dados requer a realização de pesquisas de campo, que demandam altos recursos financeiros e de tempo para a sua execução, limitando tanto a frequência quanto a amplitude geográfica que as mesmas podem abarcar.

Neste contexto apresenta-se a possibilidade de se usar fontes de dados alternativas as coletadas via pesquisa presencial. A utilização de recursos tecnológicos de telefonia móvel para obtenção de dados de mobilidade vem sendo alvo de numerosos estudos ao redor do mundo, sendo que esta tecnologia permite que sejam coletados dados de deslocamento e fluxo populacional baseados no uso que os usuários fazem da rede de telefonia móvel.

Visando atender esta demanda de dados de mobilidade, serão utilizadas neste estudo informações coletadas da rede de telefonia móvel para se desenvolver uma matriz origem-destino para a região metropolitana de Belo Horizonte.

## 1 Escopo do projeto e plano de execução

### 1.1 Alcance da análise

Este trabalho visa construir uma matriz origem-destino para a região metropolitana de Belo Horizonte, contemplando os municípios de Baldim, Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Capim Branco, Confins, Contagem, Esmeraldas, Florestal, Ibirité, Igarapé, Itaguara, Itatiaiuçu, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Matozinhos, Nova Lima, Nova União, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Rio Manso, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo, Taquaracu de Minas e Vespasiano. A matriz deve expressar o fluxo diário de viagens entre todos os pares de origem-destino classificando as mesmas quanto ao seu motivo, período de realização e perfil sociodemográfico dos viajantes. Observa-se na figura 1 o mapa dos municípios alvo do estudo.

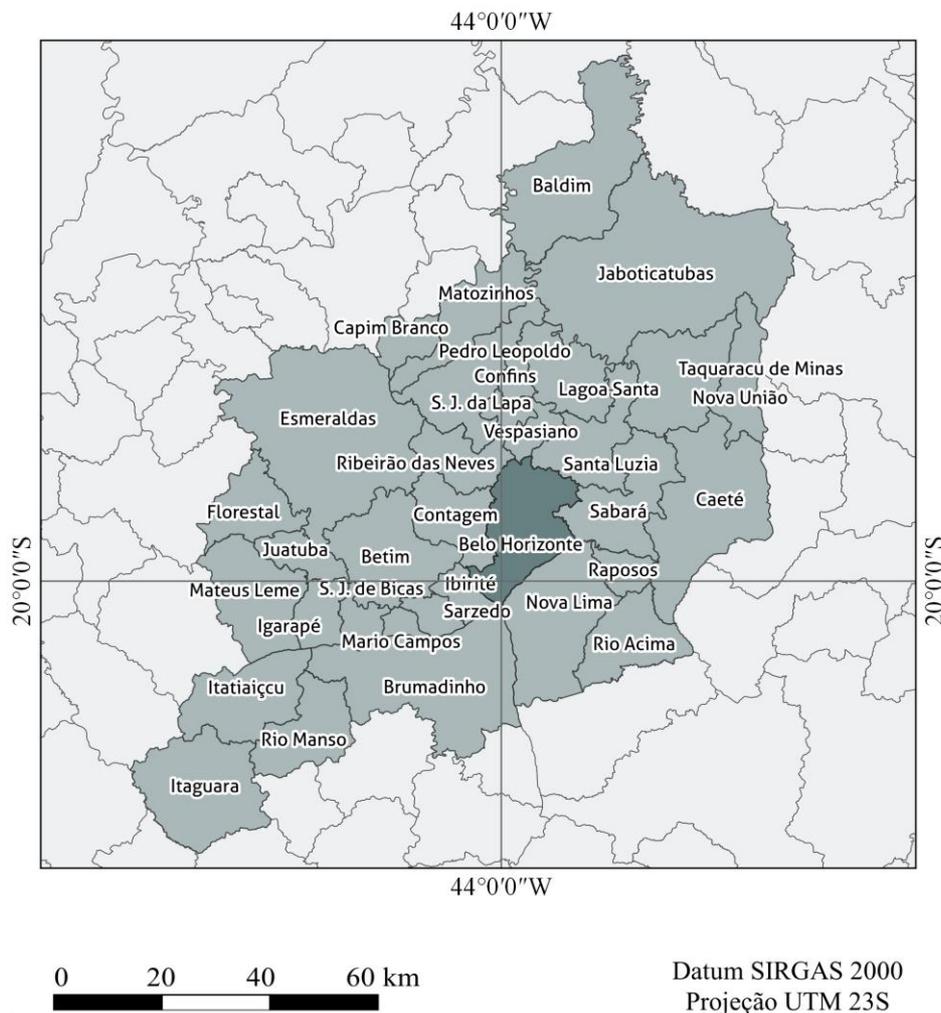


Figure 1 - Mapa dos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte

## 1.2 Período de análise

Serão analisadas o conjunto de viagens detectadas em 2 períodos de 20 dias, e será reportado o volume médio de viagens por dia da semana e feriados. O primeiro período é referente ao mês de novembro de 2019 (dia 01 ao dia 20). O segundo período foi definido em comum acordo sendo de 01 a 20 de maio de 2021.

## 1.3 Formato esperado da matriz origem-destino

Apresenta-se na tabela 1 os campos da matriz origem-destino que se constituirá como resultado deste projeto:

CAMPO	DESCRIÇÃO	VALORES
UE_OR	ID da unidade espacial de origem	código numérico
UE_DS	ID da unidade espacial de destino	código numérico
RENDA	Faixa de renda do usuário (inferência)	conforme padrão do censo
IDADE	Faixa etária do usuário (inferência)	conforme padrão do censo
HORA_INICIO	Faixa horária de início da viagem	faixas horárias de 1 hora
HORA_FIM	Faixa horária de término da viagem	faixas horárias de 1 hora
MOTIVO	Motivo da viagem (inferência)	domicílio, trabalho/estudo e outros
VOL_UNIVERSO	Volume de viagens expandida	número
TIPO_DIA	Tipo de dia em que ocorre a viagem	útil / sábado / dom / *feriado
PERIODO	Período dos dados da viagem	data (MMMM de YYYY)

Tabela 1 - Campos da matriz origem-destino

\* para o campo TIPO\_DIA foi acrescentado o tipo de dia "feriado", pois os períodos de estudo escolhido contém dois feriados.

## 1.4 Produtos a serem entregues

Detalha-se a seguir o conjunto de produtos a serem entregues durante a execução do projeto:

### Produto 1: Plano de trabalho

Metodologias, ferramentas e métodos que serão utilizados nas análises para o desenvolvimento das matrizes origem e destino, contemplando os seguintes itens:

- Apresentação de estrutura analítica de projeto e plano de ação contendo o detalhamento das ações previstas para a realização de cada produto.
- Cronograma detalhado dos trabalhos a serem desenvolvidos.
- Especificação das equipes mobilizadas em cada etapa de trabalho.
- Identificação dos bancos de dados complementares que serão utilizados.
- Definição dos critérios para definição, validação e seleção da amostra.
- Validade estatística das quantidades de viagens.
- Detalhamento do pré-teste.
- Descrição dos métodos, referências e processos utilizados na análise e transformação dos dados brutos em informações relativas aos padrões de mobilidade.

- i. Descrição dos métodos de inferência e/ou obtenção de cada uma das informações básicas a serem especificadas.
- j. Descrição dos métodos, referências e processos utilizados na expansão e validação dos dados obtidos.

### **Produto 2: Pré-teste e relatório de desempenho**

Banco de dados referente ao primeiro período de análise, que visa possibilitar a validação e correção dos processos e métodos que serão empregados no levantamento efetivo. Ao final da execução do pré-teste serão entregues os seguintes itens:

- a. Relatório técnico com resultados do pré-teste e as alterações a serem realizadas a partir do pré-teste.
- b. Base de dados preliminar no formato CSV com dados classificados, anonimizados, e agregados.

### **Produto 3: Matriz origem-destino de viagens**

Matriz de viagens, considerando a origem e o destino final em cada unidade espacial definida, estratificada pelas características socioeconômicas dos viajantes. As matrizes representarão um dia típico dos períodos determinados. O formato da matriz será aquele especificado no apartado 1.3.

### **Produto 4: Relatório final**

Relatório contendo as informações necessárias para o entendimento da metodologia, interpretação da matriz origem-destino e dos resultados obtidos. O relatório conterá os seguintes itens:

- a. Descrição do que foi realizado em todas as etapas.
- b. Descrição técnica de como foram feitas inferências sobre o padrão de viagens e a caracterização da população, bem como a confiabilidade dessas inferências.
- c. Descrição técnica dos mecanismos utilizados para assegurar a segurança e a privacidade dos dados pessoais.
- d. Descrição técnica do método utilizado e as bases de dados secundárias utilizadas.
- e. Descrição simplificada das tecnologias, equipamentos, serviços e licenças utilizados.
- f. Apresentação de relatório com a estatística descritiva das variáveis consideradas e a avaliação de possíveis vieses presentes nos resultados obtidos.
- g. Avaliação da escalabilidade da solução adotada considerando os desafios sociais, organizacionais, técnicos e financeiros.
- h. Consolidação de resultados, contendo a caracterização dos grupos de indivíduos alcançados, as condições de realização, as barreiras, os fatores de sucesso e os fatores externos não previstos originalmente.
- i. Análise dos resultados obtidos, incluindo as taxas de sucesso na obtenção de dados e validade amostral.
- j. Análise crítica da experiência, com lições aprendidas e recomendações para futuras edições.

## 1.5 Cronograma de trabalho

Na tabela 2 detalha-se o cronograma de atividades do projeto. A previsão de execução é de 21 semanas.

Atividades	Resp	Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Reunião de abertura do projeto:																						
-Apresentação das equipes	T+S	█																				
-Definição dos interlocutores																						
-Definição da dinâmica de acompanhamento do projeto																						
Definição dos períodos de estudo (meses de análise)	S		█																			
Recebimento das áreas homogêneas	S		█																			
Compatibilização da cobertura de rede com as áreas homogêneas:																						
-Compartilhamento da sugestão de zoneamento (formato SHP)	T			█																		
-Compartilhamento dos critérios utilizados para zoneamento																						
Definição do índice/conteúdo plano de trabalho	T			█																		
Início do processa de carga do primeiro mês de análise	T			█																		
Avaliação de qualidade dos dados em bruto do primeiro mês																						
-Estabilidade diária dos volumes coletados	T				█																	
-Limpeza de dados																						
Retorno sobre zoneamento compartilhado	S					█																
Realização de ajustes no zoneamento	T					█																
Definição final do zonamento a ser utilizado	T					█																
Avaliação da qualidade amostral obtida	T					█																
Compartilhamento do plano de trabalho	T					█																
Retorno sobre o plano de trabalho	S						█															
Ajustes no plano de plano de trabalho	T						█															
Aceite do produto 1 - Plano de trabalho	S							█														
Pré-teste (processamento da matriz do mês 1)	T								█													
Compartilhamento da matriz do Pré-Teste																						
-Matriz completa do mês 1	T																					
-Campos definidos em contrato																						
Retorno dos resultados do Pré-Teste	S									█												
Compartilhamento do Pré-Teste reprocessado com ajustes	T										█											
Compartilhamento do relatório do pré-teste	T											█										
Retorno sobre ajustes e relatório	T												█									
Aceito do produto 2 - Pré-teste e relatório de desempenho	S													█								
Processamento das Matrizes origem destino pós teste	T														█							
Retorno sobre as matrizes pós teste	S															█						
Aceite do produto 3 - Matriz origem destino de viagens	S																█					
Definição do índice/conteúdo do relatório final	T																	█				
Espaço para análises exploratórias	T+S																		█			
Compartilhamento do Relatório final	T																			█		
Retorno e ajustes do relatório	T																				█	
Aceite produto 4 - Relatório final	S																					█



Tabela 2 - Cronograma de trabalho

\*Esse relatório contempla os produtos 1, 2, 3 e 4 mencionados no plano de trabalho.

## 2 Metodologia de análise

### 2.1 Introdução a plataforma e privacidade dos dados

LUCA Transit é uma ferramenta estatística, suportada por uma infraestrutura de big data, que utiliza as informações de operação das redes de telefonia móvel da Telefônica, anônimas e agrupadas, para extrapolar o fluxo de pessoas por todo o território nacional. Para fornecer um serviço eficiente, a rede e os equipamentos telefônicos devem estar em comunicação frequente. A compreensão íntima desses eventos de rede permite que se construa uma compreensão contextual do movimento dos celulares no espaço e no tempo, permitindo a criação de registros que se interpretam como estadias e viagens.

O uso dos celulares pela rede de antenas é processado através de uma tripla camada, que garante a proteção absoluta à privacidade dos usuários e a relevância estatística da informação apresentada.

1. **Anonimização:** quaisquer registros pessoais são substituídos por identificadores encriptados na análise da movimentação de cada dispositivo.
2. **Agregação:** os dados sobre múltiplos dispositivos são agregados no espaço e no tempo, de forma que se obtenha relevância estatística em quantidade de informação, e de modo que não seja possível rastrear comportamentos individuais, ainda que anônimos.
3. **Extrapolção:** os dados são extrapolados para toda a base censitária brasileira, de forma que a base de clientes seja apenas uma inferência do comportamento de toda a população.

A correta aplicação do tratamento de dados descrito garante o cumprimento jurídico e regulatório associado ao uso das informações. O que a plataforma provê portanto são estatísticas gerais a respeito da mobilidade da população, caso do estudo em questão, onde estima-se o volume de deslocamentos entre regiões geográficas. Tal política impõe que nenhuma característica da base de usuários seja revelada, nem mesmo as amostras utilizadas no estudo. Somente inferências a respeito do universo da população podem ser entregues, ainda assim com a necessidade de realizar tratamento para eliminar estatísticas referentes a volumes baixos de usuários, constituindo este método adicional que visa impedir qualquer tipo de identificação individual. Serão fornecidos para este estudo o máximo nível de detalhamento que atenda aos requisitos de proteção de dados especificado.

A seguir detalha-se o que está na LGPD e o que a Telefônica utiliza como mecanismos adicionais para garantir a privacidade dos dados de usuários.

A LGPD:

1. **Dado anonimizado:** dado relativo a titular que não possa ser identificado, considerando a utilização de meios técnicos razoáveis e disponíveis na ocasião de seu tratamento;
2. **Anonimização:** utilização de meios técnicos razoáveis e disponíveis no momento do tratamento, por meio dos quais um dado perde a possibilidade de associação, direta ou indireta, a um indivíduo;
3. **Consentimento:** manifestação livre, informada e inequívoca pela qual o titular concorda com o tratamento de seus dados pessoais para uma finalidade determinada;

A Telefônica:

1. **Agregação:** Dados agregados, para dificultar a identificação do usuário.
2. **Extrapolção:** Para explicar a mobilidade da população total, e para dificultar a identificação do usuário, a Vivo realiza extrapolção dos resultados baseados geralmente no Censo brasileiro, seja

o censo 2010, o mais recente ou utilizando a população estimada informada pelo censo para cada ano em questão.

3. **Volumes menores que 10:** Para dificultar a identificação dos usuários individuais a Telefônica aplicou uma regra que não poderão serem informados volumes de dados agregados menores que 10.

## A rede celular

A rede celular é uma rede sem fio distribuída em áreas terrestres chamadas células, cada uma servida por pelo menos um transceptor de localização fixa, conhecido como um site celular ou estação rádio base (ERB). Em uma rede celular, cada célula usa um conjunto diferente de frequências de células vizinhas, para evitar interferências e fornecer largura de banda garantida dentro de cada célula. Quando juntas, essas células fornecem cobertura de rádio em uma ampla área geográfica. Isso permite que uma grande quantidade de telefones celulares se comuniquem entre si e com transceptores fixos e telefones em qualquer lugar da rede, através de estações base, mesmo que alguns telefones celulares estejam passando por mais de uma célula durante a transmissão.

### Estação rádio base (ERB)

Sempre que um telefone móvel se conecta à rede, o sinal é encaminhado através de uma ERB. Isso se refere a um site de telefone celular onde antenas e equipamentos de comunicação eletrônica são colocados, normalmente em uma torre, mastro ou outro lugar alto, para criar uma célula dentro de uma rede celular. Uma célula é específica da tecnologia - ou seja, existem células separadas para 2G, 3G e 4G (eventos variando por geografia de implantação). O alcance de uma célula depende do tipo de tecnologia, pois as células 2G tendem a ser capazes de cobrir áreas maiores que as células 3G e 4G.

No contexto de como a Telefônica usa os dados, o termo célula não se refere ao local onde o equipamento é colocado (site da célula), mas à área coberta por este equipamento (ou seja, a área a partir da qual o sinal de um celular provavelmente será encaminhado para o equipamento neste site celular). As células podem ter diferentes formas, direcionalidades e tamanhos, como mostrado na figura 2.



Figure 2 - Diferentes formatos da cobertura de rede

## Os eventos de rede

Os telefones celulares conectados à rede móvel geram eventos de rede. A natureza desses eventos (tipo, frequência no tempo) depende de uma série de fatores, incluindo o comportamento do usuário (fazer uma chamada, receber um SMS, etc.), além das características da rede móvel. Para este estudo consideram-se os seguintes registros como evento de rede:

- Fazer ou receber uma ligação
- Enviar ou receber pacotes de dados

### Precisão geográfica dos eventos

As células têm as seguintes características, que permitem a projeção da sua área de cobertura:

- **Tecnologia:** é a geração de tecnologia da comunicação móvel na qual a célula opera. Pode ser 2G, 3G ou 4G.
- **Tipo:** está relacionado a amplitude (alcance) da célula, cada range de amplitude é identificado por tipos podendo ser, Macro (Entre 5 e 10 km de alcance), Micro (até 2 km de alcance), Pico (até 200 metros de alcance) ou Femto (Até 10 metros de alcance).
- **Azimute:** é a orientação da antena. 0 graus é orientação norte, 90 graus é orientação leste, etc.
- **Largura do feixe:** é o ângulo de amplitude do feixe da célula. As mais comuns são as células de 65 graus de amplitude de feixe.
- **Altura:** é a altura em que a antena está localizada em relação ao solo.
- **Inclinação:** O ângulo de inclinação da antena em direção ao solo.
- **Banda:** é a frequência básica na qual a célula opera. Pode ser de 700 MHz, 900 MHz, etc.
- **Latitude:** é a latitude do mastro da antena.
- **Longitude:** é a longitude do mastro da antena.
- **Comprimento:** é o comprimento do mastro da antena.
- **Potência máxima:** é a potência nominal máxima da antena.
- **Alcance:** É a distância máxima em que a célula pode oferecer na direção de seu azimute.

Essas características são representadas graficamente na Figura 3, abaixo:

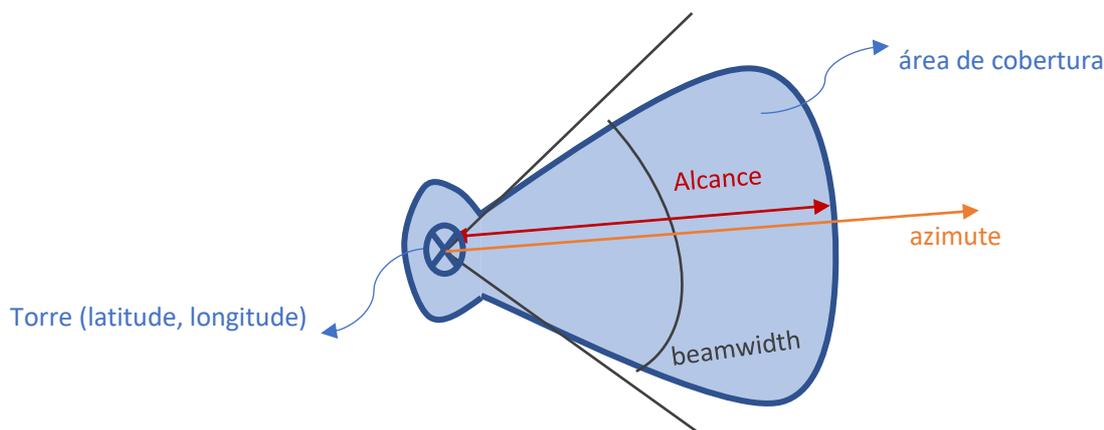


Figure 3 - Parâmetros de uma célula de telefonia celular

Com esses parâmetros físicos, consegue-se obter de forma aproximada a área teórica de cobertura das células de telefonia móvel, de modo que os eventos sejam localizados na área de cobertura da célula em que foram produzidos.

As células podem variar de alcance, desde poucas centenas de metros no caso da tecnologia 4G (mais comum em áreas urbanas), ou até mesmo vários quilômetros (macro células de baixa frequência podem chegar a ter um alcance de 12 Km). Por esta razão, a granularidade geográfica dos eventos de rede varia dependendo do intervalo de células em que ocorre e, conseqüentemente, se ocorre em ambientes urbanos ou rurais.

Por outro lado, é conhecido que a cobertura real das células é afetada diariamente por agentes externos às características físicas da antena, como a saturação de usuários na célula ou o ambiente celular. Portanto, a cobertura das células é ajustada, especificamente com um recálculo do intervalo através de um processo empírico baseado na observação dos eventos que realmente ocorreram. Para isso, é utilizado o fenômeno de flickering, que ocorre quando um usuário se conecta a duas ou mais células em um curto espaço de tempo em que o usuário dificilmente consegue se mover. Cada vez que esse fenômeno é observado, pode-se afirmar que as coberturas das células envolvidas se sobrepõem. Este conceito é representado na Figura 4:

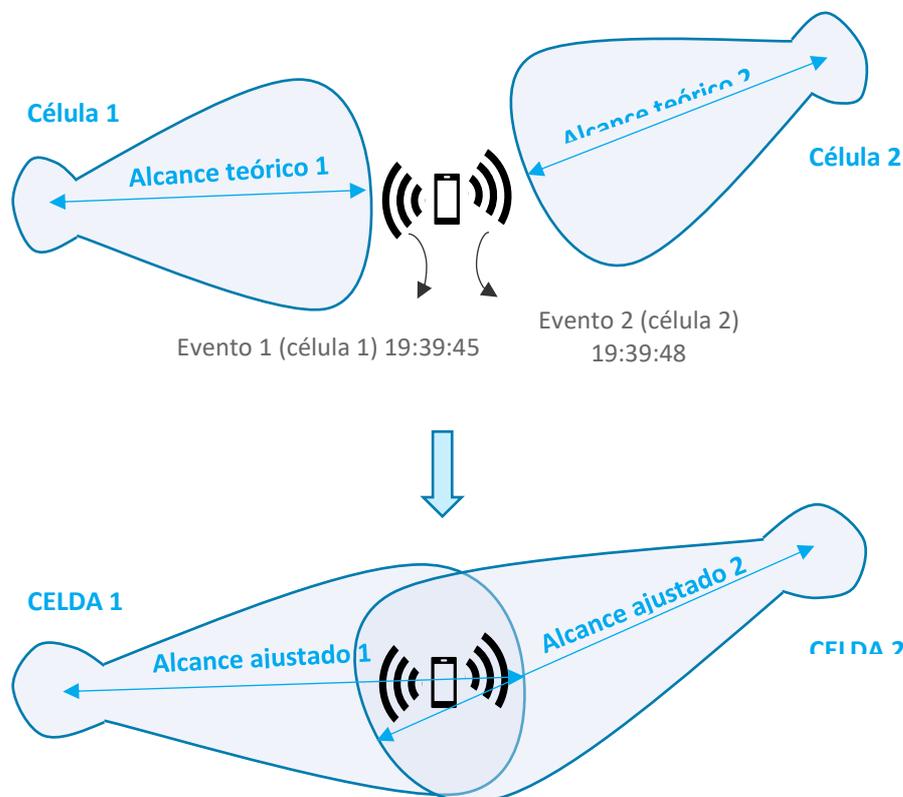


Figure 4 - Conceito de flickering como um instrumento para ajustar o alcance das células

Portanto, levando em conta todos os eventos de cada dia e as relações entre as células o alcance das mesmas é ajustado. Após esse ajuste de intervalo existe uma maior segurança de que um usuário que produziu um evento esteja nesta área de cobertura ajustada, uma vez que um processo empírico foi introduzido.

Para medir a precisão geográfica real, durante a etapa de construção e validação da plataforma Telefônica comparou os eventos de rede com uma fonte de eventos GPS de um subconjunto de usuários da sua base de clientes. A distribuição da distância entre o mastro da célula do evento a localização GPS produzida pelo mesmo usuário ao mesmo tempo é mostrada na Figura 5. Tal estudo foi conduzido com dados de usuários da Telefônica na Inglaterra. O

estudo cobriu centenas de usuários durante um mês completo do ano de 2017. Este conjunto de usuários tinha seu local de residência bem distribuído pelo país (abrangendo áreas com alta e baixa densidade de antenas).

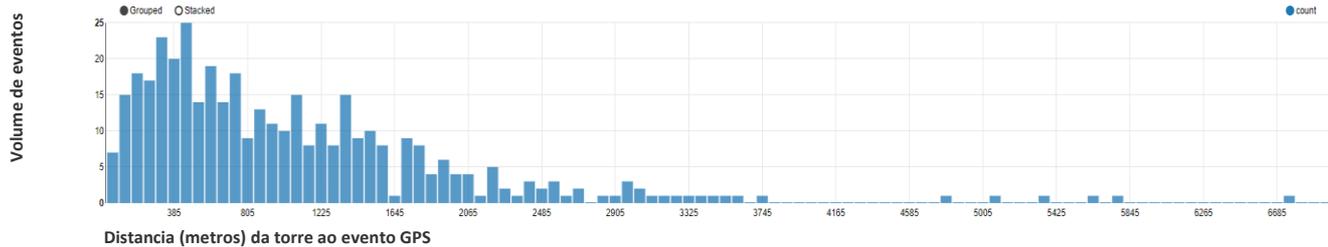


Figure 5 - Histograma da distância (em metros) da torre ao evento GPS

Para medir a validade dos algoritmos desenvolvidos para obter a localização das pessoas, a Telefónica realizou uma validação das estadias obtidas, comparando-a com uma fonte de eventos GPS de um subconjunto de usuários da base de clientes da Telefónica. A distribuição (em porcentagem) da distância entre o centroide da geometria da zona e os eventos GPS produzidos pelo mesmo usuário em um instante entre o início e o final da estadia é a mostrada na Figura 6:

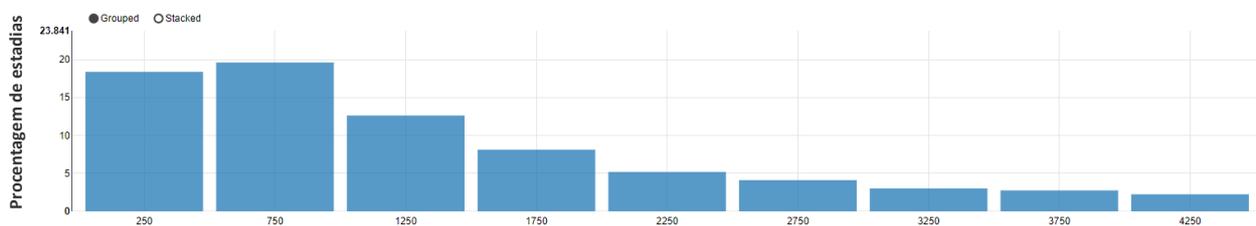


Figure 6 - Histograma (percentual) de distância (em metros) do centroide da zona ao evento GPS

## 2.2 Validações da metodologia

Embora não existam certificações oficiais quanto as metodologias aqui apresentadas, muitos órgão públicos e privados já fizeram uso destas informações para análises de mobilidade urbana. Abaixo detalha-se dois artigos acadêmicos das quais membros da Telefónica participaram e onde foi feito uso da plataforma em questão (Smart-Steps).

**Highways England:** Em 2016, como resultado do projeto desenvolvido para Highways England, e com participação da empresa Jacobs foi publicado um artigo na **European Transport Conference**. Este artigo, intitulado "Desenvolvimento de um sistema de informação de viagens para Highways England utilizando dados de telefonia móvel da Telefónica / O2". O artigo se concentra em explicar os algoritmos desenvolvidos para obter uma matriz origem-destino com base nos dados da Telefónica, correspondendo estes a matéria prima necessária para que se possa atingir este objetivo. O artigo que descreve projeto foi desenvolvido por (Duduta et al., 2016).

**Transport for London:** Em 2017, graças ao projeto realizado para o Transport for London e à colaboração com Jacobs, foi publicado um artigo na European Transport Conference. Este artigo, intitulado "Combinar dados de rede móvel com dados de mobilidade para o projeto Edmond do Transport for London", explica as metodologias utilizadas para calcular estadias e viagens, além dos locais de residência e trabalho dos indivíduos. O artigo que descreve este projeto foi desenvolvido por (Wroe et al., 2017).

No referido artigo de Highways England faz-se uma comparação entre o volume de viagens casa-trabalho identificadas pelos dados de telefonia móvel e aqueles reportados pelo censo (figura 7). Dada a alta representatividade dos deslocamentos com destino trabalho é possível avaliar a qualidade dos dados, onde o  $R^2$  em 0.95 indica a alta correlação entre o censo e o medido pelos dados de telefonia.

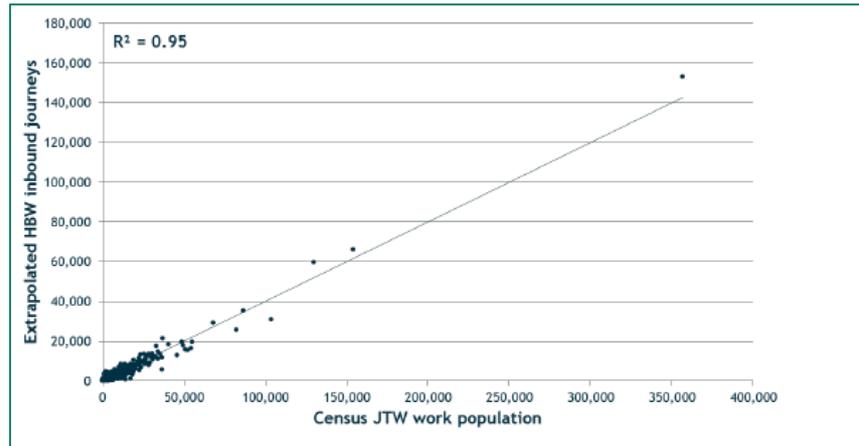


Figure 7 - Viagens à trabalho (dados de telefonia móvel vs Censo da Inglaterra)



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ah2011	codigo_zona	município
25003	1	Baldim
25103	1	Baldim
25001	1	Baldim
25101	2	Baldim
25203	3	Baldim
25202	3	Baldim
25201	3	Baldim
25102	3	Baldim
1618	4	Belo Horizonte
1616	4	Belo Horizonte
1223	5	Belo Horizonte
1222	5	Belo Horizonte
1224	5	Belo Horizonte
1422	6	Belo Horizonte
1704	7	Belo Horizonte
1701	7	Belo Horizonte
1703	7	Belo Horizonte
1702	7	Belo Horizonte
1434	8	Belo Horizonte
1435	8	Belo Horizonte
1438	8	Belo Horizonte
1427	8	Belo Horizonte
1060	9	Belo Horizonte
1048	9	Belo Horizonte
1079	9	Belo Horizonte
1385	10	Belo Horizonte
1305	10	Belo Horizonte
1069	11	Belo Horizonte
1009	11	Belo Horizonte
1070	11	Belo Horizonte
1604	12	Belo Horizonte
1614	12	Belo Horizonte
1603	13	Belo Horizonte
1613	13	Belo Horizonte
1346	14	Belo Horizonte
1338	14	Belo Horizonte
1336	14	Belo Horizonte
1337	14	Belo Horizonte
1339	14	Belo Horizonte
1347	14	Belo Horizonte

1390	14	Belo Horizonte
1393	14	Belo Horizonte
1804	15	Belo Horizonte
1632	15	Belo Horizonte
1803	15	Belo Horizonte
1802	15	Belo Horizonte
1807	15	Belo Horizonte
1670	15	Belo Horizonte
1801	15	Belo Horizonte
1808	15	Belo Horizonte
1304	16	Belo Horizonte
1302	16	Belo Horizonte
1303	16	Belo Horizonte
1530	17	Belo Horizonte
1531	17	Belo Horizonte
1075	17	Belo Horizonte
1010	17	Belo Horizonte
1035	18	Belo Horizonte
1024	18	Belo Horizonte
1049	19	Belo Horizonte
1141	20	Belo Horizonte
1372	20	Belo Horizonte
1350	20	Belo Horizonte
1349	20	Belo Horizonte
1115	20	Belo Horizonte
1348	20	Belo Horizonte
1376	20	Belo Horizonte
1146	20	Belo Horizonte
1161	20	Belo Horizonte
1155	20	Belo Horizonte
1817	21	Belo Horizonte
1837	21	Belo Horizonte
1731	21	Belo Horizonte
1831	21	Belo Horizonte
1725	21	Belo Horizonte
1077	22	Belo Horizonte
1033	22	Belo Horizonte
1055	22	Belo Horizonte
1023	23	Belo Horizonte
1034	23	Belo Horizonte
1062	23	Belo Horizonte

1073	24	Belo Horizonte
1046	24	Belo Horizonte
1827	25	Belo Horizonte
1809	25	Belo Horizonte
1144	26	Belo Horizonte
1051	27	Belo Horizonte
1054	28	Belo Horizonte
1052	28	Belo Horizonte
1053	28	Belo Horizonte
1415	29	Belo Horizonte
1443	29	Belo Horizonte
1449	29	Belo Horizonte
1420	29	Belo Horizonte
1215	30	Belo Horizonte
1239	30	Belo Horizonte
1625	31	Belo Horizonte
1610	31	Belo Horizonte
1611	31	Belo Horizonte
1623	32	Belo Horizonte
1050	33	Belo Horizonte
1074	33	Belo Horizonte
1321	34	Belo Horizonte
1322	34	Belo Horizonte
1358	34	Belo Horizonte
1320	34	Belo Horizonte
1063	35	Belo Horizonte
1001	35	Belo Horizonte
1022	35	Belo Horizonte
1025	35	Belo Horizonte
1008	36	Belo Horizonte
1071	36	Belo Horizonte
1011	36	Belo Horizonte
1414	37	Belo Horizonte
1444	37	Belo Horizonte
1413	37	Belo Horizonte
1447	37	Belo Horizonte
1448	37	Belo Horizonte
1445	37	Belo Horizonte
1446	37	Belo Horizonte
1712	38	Belo Horizonte
1716	38	Belo Horizonte



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

1714	38	Belo Horizonte	1253	52	Belo Horizonte	1830	66	Belo Horizonte
1735	38	Belo Horizonte	1528	53	Belo Horizonte	1826	66	Belo Horizonte
1825	39	Belo Horizonte	1510	53	Belo Horizonte	1406	67	Belo Horizonte
1313	40	Belo Horizonte	1364	54	Belo Horizonte	1407	67	Belo Horizonte
1312	40	Belo Horizonte	1351	54	Belo Horizonte	1440	67	Belo Horizonte
1392	41	Belo Horizonte	1374	54	Belo Horizonte	1402	67	Belo Horizonte
1341	41	Belo Horizonte	1375	54	Belo Horizonte	1533	68	Belo Horizonte
1391	41	Belo Horizonte	1373	54	Belo Horizonte	1016	68	Belo Horizonte
1134	42	Belo Horizonte	1128	55	Belo Horizonte	1532	68	Belo Horizonte
1101	42	Belo Horizonte	1158	55	Belo Horizonte	1534	68	Belo Horizonte
1715	43	Belo Horizonte	1810	56	Belo Horizonte	1546	68	Belo Horizonte
1738	43	Belo Horizonte	1836	56	Belo Horizonte	1014	69	Belo Horizonte
1718	43	Belo Horizonte	1811	56	Belo Horizonte	1012	69	Belo Horizonte
1318	44	Belo Horizonte	1805	56	Belo Horizonte	1015	69	Belo Horizonte
1319	44	Belo Horizonte	1401	56	Belo Horizonte	1013	69	Belo Horizonte
1360	44	Belo Horizonte	1418	57	Belo Horizonte	1421	70	Belo Horizonte
1019	45	Belo Horizonte	1722	58	Belo Horizonte	1072	71	Belo Horizonte
1031	45	Belo Horizonte	1721	58	Belo Horizonte	1080	71	Belo Horizonte
1021	45	Belo Horizonte	1723	58	Belo Horizonte	1103	71	Belo Horizonte
1030	45	Belo Horizonte	1110	59	Belo Horizonte	1143	71	Belo Horizonte
1368	46	Belo Horizonte	1057	60	Belo Horizonte	1045	71	Belo Horizonte
1386	46	Belo Horizonte	1056	60	Belo Horizonte	1237	72	Belo Horizonte
1367	46	Belo Horizonte	1818	61	Belo Horizonte	1238	72	Belo Horizonte
1340	47	Belo Horizonte	1834	61	Belo Horizonte	1240	72	Belo Horizonte
1388	47	Belo Horizonte	1838	61	Belo Horizonte	1217	72	Belo Horizonte
1389	47	Belo Horizonte	1828	61	Belo Horizonte	1216	72	Belo Horizonte
1315	47	Belo Horizonte	1816	61	Belo Horizonte	1249	72	Belo Horizonte
1540	48	Belo Horizonte	1819	61	Belo Horizonte	1232	72	Belo Horizonte
1829	49	Belo Horizonte	1243	62	Belo Horizonte	1267	72	Belo Horizonte
1736	50	Belo Horizonte	1221	62	Belo Horizonte	1314	73	Belo Horizonte
1717	50	Belo Horizonte	1258	62	Belo Horizonte	1430	74	Belo Horizonte
1737	50	Belo Horizonte	1242	62	Belo Horizonte	1431	74	Belo Horizonte
1324	51	Belo Horizonte	1316	63	Belo Horizonte	1733	75	Belo Horizonte
1122	51	Belo Horizonte	1317	63	Belo Horizonte	1719	75	Belo Horizonte
1123	51	Belo Horizonte	1710	64	Belo Horizonte	1720	75	Belo Horizonte
1219	52	Belo Horizonte	1708	64	Belo Horizonte	1729	75	Belo Horizonte
1202	52	Belo Horizonte	1709	64	Belo Horizonte	1732	75	Belo Horizonte
1250	52	Belo Horizonte	1706	64	Belo Horizonte	1739	75	Belo Horizonte
1254	52	Belo Horizonte	1607	65	Belo Horizonte	1741	75	Belo Horizonte
1218	52	Belo Horizonte	1653	65	Belo Horizonte	1248	76	Belo Horizonte
1268	52	Belo Horizonte	1671	65	Belo Horizonte	1247	76	Belo Horizonte
1252	52	Belo Horizonte	1672	65	Belo Horizonte	1226	76	Belo Horizonte



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

1228	76	Belo Horizonte	1145	85	Belo Horizonte	1005	99	Belo Horizonte
1262	76	Belo Horizonte	1112	85	Belo Horizonte	1058	100	Belo Horizonte
1638	77	Belo Horizonte	1111	85	Belo Horizonte	1713	101	Belo Horizonte
1660	77	Belo Horizonte	1627	86	Belo Horizonte	1116	102	Belo Horizonte
1637	77	Belo Horizonte	1628	86	Belo Horizonte	1148	102	Belo Horizonte
1665	77	Belo Horizonte	1361	87	Belo Horizonte	1325	103	Belo Horizonte
1668	77	Belo Horizonte	1384	87	Belo Horizonte	1029	103	Belo Horizonte
1658	77	Belo Horizonte	1356	87	Belo Horizonte	1068	103	Belo Horizonte
1648	77	Belo Horizonte	1355	87	Belo Horizonte	1327	103	Belo Horizonte
1659	77	Belo Horizonte	1301	87	Belo Horizonte	1326	103	Belo Horizonte
1661	77	Belo Horizonte	1354	87	Belo Horizonte	1429	104	Belo Horizonte
1245	78	Belo Horizonte	1353	87	Belo Horizonte	1419	104	Belo Horizonte
1213	78	Belo Horizonte	1362	87	Belo Horizonte	1404	105	Belo Horizonte
1139	78	Belo Horizonte	1263	88	Belo Horizonte	1403	105	Belo Horizonte
1210	78	Belo Horizonte	1206	88	Belo Horizonte	1518	106	Belo Horizonte
1734	79	Belo Horizonte	1264	88	Belo Horizonte	1039	107	Belo Horizonte
1727	79	Belo Horizonte	1656	89	Belo Horizonte	1040	107	Belo Horizonte
1726	79	Belo Horizonte	1615	89	Belo Horizonte	1044	107	Belo Horizonte
1724	79	Belo Horizonte	1657	89	Belo Horizonte	1042	107	Belo Horizonte
1655	80	Belo Horizonte	1409	89	Belo Horizonte	1038	107	Belo Horizonte
1654	80	Belo Horizonte	1524	90	Belo Horizonte	1037	107	Belo Horizonte
1606	80	Belo Horizonte	1522	90	Belo Horizonte	1041	107	Belo Horizonte
1605	80	Belo Horizonte	1523	90	Belo Horizonte	1059	107	Belo Horizonte
1652	81	Belo Horizonte	1259	91	Belo Horizonte	1408	108	Belo Horizonte
1609	81	Belo Horizonte	1235	91	Belo Horizonte	1066	109	Belo Horizonte
1601	81	Belo Horizonte	1261	91	Belo Horizonte	1003	109	Belo Horizonte
1602	81	Belo Horizonte	1617	92	Belo Horizonte	1006	109	Belo Horizonte
1521	82	Belo Horizonte	1612	92	Belo Horizonte	1026	109	Belo Horizonte
1541	82	Belo Horizonte	1151	93	Belo Horizonte	1027	109	Belo Horizonte
1544	82	Belo Horizonte	1517	94	Belo Horizonte	1065	109	Belo Horizonte
1520	82	Belo Horizonte	1526	95	Belo Horizonte	1514	110	Belo Horizonte
1519	82	Belo Horizonte	1626	95	Belo Horizonte	1515	110	Belo Horizonte
1328	83	Belo Horizonte	1138	96	Belo Horizonte	1502	110	Belo Horizonte
1382	83	Belo Horizonte	1136	96	Belo Horizonte	1550	110	Belo Horizonte
1323	83	Belo Horizonte	1135	96	Belo Horizonte	1503	110	Belo Horizonte
1036	84	Belo Horizonte	1124	97	Belo Horizonte	1504	110	Belo Horizonte
1081	84	Belo Horizonte	1125	97	Belo Horizonte	1705	111	Belo Horizonte
5302	85	Belo Horizonte	1126	97	Belo Horizonte	1740	111	Belo Horizonte
1207	85	Belo Horizonte	1133	98	Belo Horizonte	1109	112	Belo Horizonte
1137	85	Belo Horizonte	1152	98	Belo Horizonte	1412	113	Belo Horizonte
1113	85	Belo Horizonte	1002	99	Belo Horizonte	1129	115	Belo Horizonte
1114	85	Belo Horizonte	1004	99	Belo Horizonte	1130	115	Belo Horizonte



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

1106	115	Belo Horizonte	1018	126	Belo Horizonte	1822	139	Belo Horizonte
1669	116	Belo Horizonte	1307	127	Belo Horizonte	1208	140	Belo Horizonte
1666	116	Belo Horizonte	1308	127	Belo Horizonte	1209	140	Belo Horizonte
1649	116	Belo Horizonte	1311	127	Belo Horizonte	1246	140	Belo Horizonte
1647	116	Belo Horizonte	1306	127	Belo Horizonte	1256	140	Belo Horizonte
1646	116	Belo Horizonte	1378	127	Belo Horizonte	1043	141	Belo Horizonte
1645	116	Belo Horizonte	1310	127	Belo Horizonte	1147	141	Belo Horizonte
1127	117	Belo Horizonte	1309	127	Belo Horizonte	1156	142	Belo Horizonte
1067	117	Belo Horizonte	1451	128	Belo Horizonte	1118	142	Belo Horizonte
1078	117	Belo Horizonte	1450	128	Belo Horizonte	1117	142	Belo Horizonte
1159	117	Belo Horizonte	1539	129	Belo Horizonte	1119	142	Belo Horizonte
1545	118	Belo Horizonte	1624	129	Belo Horizonte	1153	142	Belo Horizonte
1547	118	Belo Horizonte	1529	129	Belo Horizonte	1157	142	Belo Horizonte
1512	118	Belo Horizonte	1257	130	Belo Horizonte	1622	143	Belo Horizonte
1511	118	Belo Horizonte	1225	130	Belo Horizonte	1621	143	Belo Horizonte
1542	118	Belo Horizonte	1424	131	Belo Horizonte	1620	143	Belo Horizonte
1509	118	Belo Horizonte	1028	132	Belo Horizonte	1619	143	Belo Horizonte
1501	118	Belo Horizonte	1007	132	Belo Horizonte	1651	143	Belo Horizonte
1806	119	Belo Horizonte	1707	133	Belo Horizonte	1334	143	Belo Horizonte
1641	119	Belo Horizonte	1824	133	Belo Horizonte	1711	144	Belo Horizonte
1642	119	Belo Horizonte	1835	133	Belo Horizonte	1266	145	Belo Horizonte
1644	119	Belo Horizonte	1455	134	Belo Horizonte	1251	145	Belo Horizonte
1142	120	Belo Horizonte	1436	134	Belo Horizonte	1236	145	Belo Horizonte
1425	121	Belo Horizonte	1812	134	Belo Horizonte	1203	145	Belo Horizonte
1728	121	Belo Horizonte	1437	134	Belo Horizonte	1220	145	Belo Horizonte
1730	122	Belo Horizonte	1369	135	Belo Horizonte	1229	145	Belo Horizonte
1629	123	Belo Horizonte	1380	135	Belo Horizonte	1227	145	Belo Horizonte
1663	123	Belo Horizonte	1352	135	Belo Horizonte	1265	145	Belo Horizonte
1662	123	Belo Horizonte	1359	136	Belo Horizonte	1260	145	Belo Horizonte
1636	123	Belo Horizonte	1120	136	Belo Horizonte	1411	146	Belo Horizonte
1630	123	Belo Horizonte	1357	136	Belo Horizonte	1423	146	Belo Horizonte
1820	124	Belo Horizonte	1121	136	Belo Horizonte	1405	146	Belo Horizonte
1839	124	Belo Horizonte	1140	137	Belo Horizonte	1335	147	Belo Horizonte
1833	124	Belo Horizonte	1105	137	Belo Horizonte	1329	147	Belo Horizonte
1371	125	Belo Horizonte	1234	138	Belo Horizonte	1330	147	Belo Horizonte
1416	125	Belo Horizonte	1241	138	Belo Horizonte	1383	147	Belo Horizonte
1417	125	Belo Horizonte	1231	138	Belo Horizonte	1331	147	Belo Horizonte
1535	126	Belo Horizonte	1230	138	Belo Horizonte	1332	147	Belo Horizonte
1536	126	Belo Horizonte	1233	138	Belo Horizonte	1333	147	Belo Horizonte
1017	126	Belo Horizonte	1823	139	Belo Horizonte	1442	148	Belo Horizonte
1064	126	Belo Horizonte	1832	139	Belo Horizonte	1342	148	Belo Horizonte
1020	126	Belo Horizonte	1821	139	Belo Horizonte	1394	148	Belo Horizonte

Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

1343	149	Belo Horizonte	1204	164	Belo Horizonte	2058	178	Betim
1410	149	Belo Horizonte	1205	164	Belo Horizonte	2052	178	Betim
1345	149	Belo Horizonte	1508	165	Belo Horizonte	2044	178	Betim
1344	149	Belo Horizonte	1505	165	Belo Horizonte	2063	179	Betim
1395	149	Belo Horizonte	1506	165	Belo Horizonte	2037	179	Betim
1108	150	Belo Horizonte	1513	165	Belo Horizonte	2043	179	Betim
1107	150	Belo Horizonte	1507	165	Belo Horizonte	2054	179	Betim
1815	151	Belo Horizonte	1439	166	Belo Horizonte	2062	179	Betim
1814	151	Belo Horizonte	1454	166	Belo Horizonte	2061	179	Betim
1813	151	Belo Horizonte	1453	166	Belo Horizonte	2030	180	Betim
1381	152	Belo Horizonte	1516	167	Belo Horizonte	2029	180	Betim
1363	152	Belo Horizonte	1032	167	Belo Horizonte	2014	181	Betim
1244	153	Belo Horizonte	1061	167	Belo Horizonte	2016	182	Betim
1212	153	Belo Horizonte	1538	167	Belo Horizonte	2024	183	Betim
1214	153	Belo Horizonte	1543	167	Belo Horizonte	2023	183	Betim
1149	154	Belo Horizonte	1548	167	Belo Horizonte	2005	184	Betim
1047	154	Belo Horizonte	1549	167	Belo Horizonte	2045	185	Betim
1150	155	Belo Horizonte	1379	168	Belo Horizonte	2057	185	Betim
1634	156	Belo Horizonte	1365	168	Belo Horizonte	2053	185	Betim
1664	156	Belo Horizonte	1370	168	Belo Horizonte	2021	186	Betim
1633	156	Belo Horizonte	1366	168	Belo Horizonte	2036	187	Betim
1635	156	Belo Horizonte	2065	169	Betim	2035	187	Betim
1640	156	Belo Horizonte	2046	169	Betim	2047	187	Betim
1631	156	Belo Horizonte	2051	169	Betim	2048	187	Betim
1104	157	Belo Horizonte	2066	170	Betim	2067	188	Betim
1102	157	Belo Horizonte	2073	171	Betim	2056	188	Betim
1132	157	Belo Horizonte	2039	171	Betim	2038	189	Betim
1160	157	Belo Horizonte	2007	171	Betim	2032	190	Betim
1608	158	Belo Horizonte	2033	172	Betim	2027	190	Betim
1667	159	Belo Horizonte	2034	172	Betim	2028	190	Betim
1643	159	Belo Horizonte	2042	173	Betim	2031	190	Betim
1639	159	Belo Horizonte	2059	173	Betim	2041	191	Betim
1211	160	Belo Horizonte	2015	174	Betim	2049	191	Betim
1201	160	Belo Horizonte	2070	174	Betim	2050	191	Betim
1452	161	Belo Horizonte	2017	174	Betim	2060	191	Betim
1433	161	Belo Horizonte	2040	175	Betim	2001	192	Betim
1428	161	Belo Horizonte	2019	176	Betim	2012	193	Betim
1426	161	Belo Horizonte	2018	176	Betim	2072	193	Betim
1525	162	Belo Horizonte	2068	177	Betim	2064	194	Betim
1650	162	Belo Horizonte	2020	177	Betim	2003	194	Betim
1527	162	Belo Horizonte	2069	177	Betim	2004	194	Betim
1131	163	Belo Horizonte	2071	178	Betim	2011	196	Betim

Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

2006	197	Betim	3307	212	Brumadinho	5043	222	Contagem
2025	198	Betim	3308	212	Brumadinho	5046	222	Contagem
2055	199	Betim	3205	213	Brumadinho	5308	223	Contagem
2022	200	Betim	4301	214	Caeté	5309	223	Contagem
2002	201	Betim	4302	214	Caeté	5310	223	Contagem
2010	201	Betim	4011	214	Caeté	5027	224	Contagem
2008	202	Betim	4001	214	Caeté	5028	224	Contagem
2009	203	Betim	4002	214	Caeté	5063	225	Contagem
2013	204	Betim	4003	214	Caeté	5009	225	Contagem
3402	205	Brumadinho	4004	214	Caeté	5018	225	Contagem
3403	205	Brumadinho	4005	214	Caeté	5017	225	Contagem
3007	205	Brumadinho	4012	214	Caeté	5016	225	Contagem
3002	205	Brumadinho	4006	214	Caeté	5052	225	Contagem
3008	205	Brumadinho	4013	214	Caeté	5058	225	Contagem
3009	205	Brumadinho	4007	214	Caeté	5057	225	Contagem
3401	205	Brumadinho	4010	214	Caeté	5047	225	Contagem
3202	205	Brumadinho	4102	215	Caeté	5010	226	Contagem
3004	205	Brumadinho	4201	215	Caeté	5008	226	Contagem
3001	206	Brumadinho	4202	215	Caeté	5059	226	Contagem
3003	206	Brumadinho	4402	215	Caeté	5029	227	Contagem
3006	206	Brumadinho	4203	215	Caeté	5301	228	Contagem
3013	206	Brumadinho	4401	215	Caeté	5025	229	Contagem
3015	207	Brumadinho	4403	216	Caeté	5315	230	Contagem
3010	208	Brumadinho	4008	217	Caeté	5312	230	Contagem
3005	208	Brumadinho	4103	217	Caeté	5039	231	Contagem
3012	208	Brumadinho	4101	217	Caeté	5037	231	Contagem
3201	209	Brumadinho	4009	217	Caeté	5305	232	Contagem
3208	209	Brumadinho	26006	218	Capim Branco	5304	232	Contagem
3204	209	Brumadinho	26001	218	Capim Branco	5325	233	Contagem
3207	209	Brumadinho	26005	218	Capim Branco	5324	233	Contagem
3206	209	Brumadinho	26004	218	Capim Branco	5321	233	Contagem
3011	209	Brumadinho	26003	218	Capim Branco	5023	233	Contagem
3014	210	Brumadinho	26002	218	Capim Branco	5014	233	Contagem
3305	210	Brumadinho	22101	219	Confins	5022	233	Contagem
3016	210	Brumadinho	22103	219	Confins	5323	233	Contagem
3018	210	Brumadinho	22102	219	Confins	5040	234	Contagem
3017	210	Brumadinho	5012	220	Contagem	5036	234	Contagem
3306	210	Brumadinho	5011	220	Contagem	5314	235	Contagem
3301	210	Brumadinho	5024	221	Contagem	5320	236	Contagem
3503	211	Brumadinho	5061	221	Contagem	5319	236	Contagem
3502	211	Brumadinho	5045	222	Contagem	5322	236	Contagem
3501	211	Brumadinho	5044	222	Contagem	5318	236	Contagem

Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

5317	236	Contagem	5330	252	Contagem	7002	263	Ibirité
5316	236	Contagem	5311	253	Contagem	7014	264	Ibirité
5007	237	Contagem	6014	254	Esmeraldas	7013	264	Ibirité
5001	237	Contagem	6019	254	Esmeraldas	7008	264	Ibirité
5003	237	Contagem	6018	254	Esmeraldas	7003	264	Ibirité
5002	237	Contagem	6020	254	Esmeraldas	7001	265	Ibirité
5050	237	Contagem	6007	255	Esmeraldas	5332	266	Ibirité
5005	237	Contagem	6012	255	Esmeraldas	7111	266	Ibirité
5004	237	Contagem	6013	255	Esmeraldas	7112	266	Ibirité
5033	238	Contagem	6010	255	Esmeraldas	7115	267	Ibirité
5062	238	Contagem	6011	255	Esmeraldas	7113	268	Ibirité
5054	238	Contagem	6004	255	Esmeraldas	7007	269	Ibirité
5035	238	Contagem	6022	255	Esmeraldas	7117	269	Ibirité
5034	238	Contagem	6101	255	Esmeraldas	7114	270	Ibirité
5032	238	Contagem	6002	255	Esmeraldas	7009	270	Ibirité
5031	238	Contagem	6203	255	Esmeraldas	8007	271	Igarapé
5303	239	Contagem	6001	255	Esmeraldas	8009	271	Igarapé
5042	240	Contagem	6105	256	Esmeraldas	8006	271	Igarapé
5026	240	Contagem	6104	256	Esmeraldas	8012	271	Igarapé
5060	240	Contagem	6102	256	Esmeraldas	8005	272	Igarapé
5048	240	Contagem	6103	256	Esmeraldas	8013	272	Igarapé
5038	241	Contagem	6005	257	Esmeraldas	8004	273	Igarapé
5049	241	Contagem	6009	257	Esmeraldas	8001	273	Igarapé
5019	242	Contagem	6021	257	Esmeraldas	8002	273	Igarapé
5006	242	Contagem	6008	257	Esmeraldas	8011	274	Igarapé
5021	243	Contagem	6023	257	Esmeraldas	8003	274	Igarapé
5020	243	Contagem	6003	257	Esmeraldas	8010	274	Igarapé
5313	243	Contagem	6017	257	Esmeraldas	31003	275	Itaguara
5326	244	Contagem	6016	258	Esmeraldas	31001	276	Itaguara
5328	244	Contagem	6006	258	Esmeraldas	31002	276	Itaguara
5327	244	Contagem	6015	259	Esmeraldas	58001	277	Itatiaiuçu
5013	245	Contagem	6204	260	Esmeraldas	58002	278	Itatiaiuçu
5306	246	Contagem	6201	260	Esmeraldas	58003	278	Itatiaiuçu
5307	247	Contagem	6202	260	Esmeraldas	58102	279	Itatiaiuçu
5041	248	Contagem	27001	261	Florestal	58006	279	Itatiaiuçu
5051	248	Contagem	27002	261	Florestal	58101	279	Itatiaiuçu
5053	249	Contagem	7012	262	Ibirité	58004	280	Itatiaiuçu
5056	250	Contagem	7005	262	Ibirité	58005	280	Itatiaiuçu
5030	251	Contagem	7006	262	Ibirité	29005	281	Jaboticatubas
5015	251	Contagem	7010	263	Ibirité	29001	281	Jaboticatubas
5329	252	Contagem	7011	263	Ibirité	29006	281	Jaboticatubas
5331	252	Contagem	7004	263	Ibirité	29002	281	Jaboticatubas



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

29003	281	Jaboticatubas	10008	294	Lagoa Santa	11203	309	Mateus Leme
29104	282	Jaboticatubas	10022	295	Lagoa Santa	11204	309	Mateus Leme
29004	282	Jaboticatubas	21001	295	Lagoa Santa	11201	309	Mateus Leme
29102	283	Jaboticatubas	10202	296	Lagoa Santa	30001	310	Matozinhos
29105	283	Jaboticatubas	10012	296	Lagoa Santa	30007	312	Matozinhos
29103	283	Jaboticatubas	10026	297	Lagoa Santa	30102	312	Matozinhos
29101	283	Jaboticatubas	10007	297	Lagoa Santa	30003	312	Matozinhos
29008	284	Jaboticatubas	10005	297	Lagoa Santa	30101	312	Matozinhos
29007	284	Jaboticatubas	10006	297	Lagoa Santa	30008	313	Matozinhos
9108	285	Juatuba	10010	298	Lagoa Santa	30002	313	Matozinhos
9203	285	Juatuba	10019	298	Lagoa Santa	30004	314	Matozinhos
9202	285	Juatuba	21003	298	Lagoa Santa	30006	315	Matozinhos
9201	285	Juatuba	10016	299	Lagoa Santa	30005	315	Matozinhos
9115	286	Juatuba	10004	299	Lagoa Santa	12015	316	Nova Lima
9109	286	Juatuba	10009	299	Lagoa Santa	12029	317	Nova Lima
9111	286	Juatuba	10021	299	Lagoa Santa	12019	317	Nova Lima
9204	286	Juatuba	10013	300	Lagoa Santa	12030	317	Nova Lima
9106	287	Juatuba	23302	302	Mário Campos	12025	318	Nova Lima
9107	287	Juatuba	23301	302	Mário Campos	12027	318	Nova Lima
9104	287	Juatuba	23303	302	Mário Campos	12026	318	Nova Lima
9113	287	Juatuba	23304	302	Mário Campos	12044	319	Nova Lima
9105	287	Juatuba	23305	302	Mário Campos	12008	320	Nova Lima
9103	288	Juatuba	23306	302	Mário Campos	12035	320	Nova Lima
9101	288	Juatuba	11014	303	Mateus Leme	12041	320	Nova Lima
9205	288	Juatuba	11009	303	Mateus Leme	12043	320	Nova Lima
9114	288	Juatuba	11005	303	Mateus Leme	12003	320	Nova Lima
9102	288	Juatuba	11016	303	Mateus Leme	12004	320	Nova Lima
10024	289	Lagoa Santa	11006	303	Mateus Leme	12001	320	Nova Lima
10020	289	Lagoa Santa	11012	303	Mateus Leme	12002	320	Nova Lima
10017	290	Lagoa Santa	11202	304	Mateus Leme	12021	321	Nova Lima
10203	291	Lagoa Santa	11010	305	Mateus Leme	12033	321	Nova Lima
10201	291	Lagoa Santa	11007	306	Mateus Leme	12012	321	Nova Lima
10204	291	Lagoa Santa	11015	306	Mateus Leme	12014	321	Nova Lima
10014	292	Lagoa Santa	11001	306	Mateus Leme	12013	321	Nova Lima
10025	292	Lagoa Santa	11301	307	Mateus Leme	12016	322	Nova Lima
10027	292	Lagoa Santa	11305	307	Mateus Leme	12034	323	Nova Lima
10028	292	Lagoa Santa	11304	307	Mateus Leme	12040	324	Nova Lima
10003	293	Lagoa Santa	11302	307	Mateus Leme	12039	324	Nova Lima
10001	293	Lagoa Santa	11008	308	Mateus Leme	12022	324	Nova Lima
10002	293	Lagoa Santa	11003	308	Mateus Leme	12010	324	Nova Lima
10023	294	Lagoa Santa	11011	308	Mateus Leme	12017	324	Nova Lima
10018	294	Lagoa Santa	11002	308	Mateus Leme	12009	324	Nova Lima



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

12032	324	Nova Lima
12007	324	Nova Lima
12020	325	Nova Lima
12024	325	Nova Lima
12028	325	Nova Lima
12031	325	Nova Lima
12038	325	Nova Lima
12023	325	Nova Lima
12011	325	Nova Lima
12018	325	Nova Lima
12036	325	Nova Lima
12005	326	Nova Lima
12042	326	Nova Lima
28002	327	Nova União
28004	327	Nova União
28005	327	Nova União
28006	327	Nova União
28001	327	Nova União
28003	327	Nova União
13023	328	Pedro Leopoldo
13011	328	Pedro Leopoldo
13004	328	Pedro Leopoldo
13003	328	Pedro Leopoldo
13002	328	Pedro Leopoldo
13001	328	Pedro Leopoldo
13203	329	Pedro Leopoldo
13201	329	Pedro Leopoldo
13205	329	Pedro Leopoldo
13202	329	Pedro Leopoldo
13204	329	Pedro Leopoldo
13103	330	Pedro Leopoldo
13102	330	Pedro Leopoldo
13015	331	Pedro Leopoldo
13018	331	Pedro Leopoldo
13019	331	Pedro Leopoldo
13020	331	Pedro Leopoldo
13101	332	Pedro Leopoldo
13104	332	Pedro Leopoldo
13012	333	Pedro Leopoldo
13301	334	Pedro Leopoldo
13302	334	Pedro Leopoldo
13021	335	Pedro Leopoldo
13025	335	Pedro Leopoldo
13008	335	Pedro Leopoldo
13010	335	Pedro Leopoldo
13009	335	Pedro Leopoldo
13007	335	Pedro Leopoldo
13017	335	Pedro Leopoldo
13024	335	Pedro Leopoldo
13022	335	Pedro Leopoldo
14005	336	Raposos
14002	337	Raposos
14003	337	Raposos
14007	337	Raposos
14006	337	Raposos
14001	337	Raposos
14004	337	Raposos
15201	338	Ribeirão das Neves
15220	338	Ribeirão das Neves
15208	338	Ribeirão das Neves
15206	338	Ribeirão das Neves
15227	338	Ribeirão das Neves
15229	338	Ribeirão das Neves
15226	339	Ribeirão das Neves
15213	339	Ribeirão das Neves
15211	339	Ribeirão das Neves
15210	339	Ribeirão das Neves
15214	340	Ribeirão das Neves
15207	340	Ribeirão das Neves
15029	341	Ribeirão das Neves
15007	341	Ribeirão das Neves
15020	341	Ribeirão das Neves
15026	341	Ribeirão das Neves
15008	341	Ribeirão das Neves
15016	342	Ribeirão das Neves
15022	342	Ribeirão das Neves
15028	342	Ribeirão das Neves
15014	342	Ribeirão das Neves
15217	343	Ribeirão das Neves
15219	343	Ribeirão das Neves
15223	343	Ribeirão das Neves
15218	343	Ribeirão das Neves
15205	344	Ribeirão das Neves
15203	344	Ribeirão das Neves
15204	344	Ribeirão das Neves
15002	345	Ribeirão das Neves
15001	345	Ribeirão das Neves
15030	345	Ribeirão das Neves
15005	345	Ribeirão das Neves
15009	346	Ribeirão das Neves
15013	346	Ribeirão das Neves
15010	346	Ribeirão das Neves
15033	347	Ribeirão das Neves
15034	347	Ribeirão das Neves
15032	347	Ribeirão das Neves
15202	348	Ribeirão das Neves
15212	348	Ribeirão das Neves
15225	348	Ribeirão das Neves
15015	349	Ribeirão das Neves
15224	349	Ribeirão das Neves
15222	349	Ribeirão das Neves
15221	349	Ribeirão das Neves
15031	349	Ribeirão das Neves
15025	349	Ribeirão das Neves
15215	350	Ribeirão das Neves
15021	351	Ribeirão das Neves
15024	351	Ribeirão das Neves
15023	351	Ribeirão das Neves
15012	352	Ribeirão das Neves
15011	352	Ribeirão das Neves
15004	353	Ribeirão das Neves
15018	353	Ribeirão das Neves
15006	354	Ribeirão das Neves
15017	354	Ribeirão das Neves
15019	355	Ribeirão das Neves
15209	356	Ribeirão das Neves
15003	357	Ribeirão das Neves
16002	358	Rio Acima
16007	358	Rio Acima
16008	358	Rio Acima
16001	358	Rio Acima
16003	358	Rio Acima
16004	358	Rio Acima
16005	358	Rio Acima
16006	358	Rio Acima
16009	358	Rio Acima



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

32005	359	Rio Manso	17105	368	Sabará	18116	377	Santa Luzia
32102	359	Rio Manso	17011	368	Sabará	18103	377	Santa Luzia
32101	359	Rio Manso	17016	368	Sabará	24109	378	São Joaquim de Bicas
32002	359	Rio Manso	18105	369	Santa Luzia	24111	378	São Joaquim de Bicas
32001	359	Rio Manso	18104	369	Santa Luzia	24112	378	São Joaquim de Bicas
32103	359	Rio Manso	18117	370	Santa Luzia	24105	379	São Joaquim de Bicas
32003	359	Rio Manso	18016	370	Santa Luzia	24101	379	São Joaquim de Bicas
32004	359	Rio Manso	18010	370	Santa Luzia	24110	379	São Joaquim de Bicas
17017	360	Sabará	18015	370	Santa Luzia	24106	379	São Joaquim de Bicas
17304	360	Sabará	18106	370	Santa Luzia	24108	379	São Joaquim de Bicas
17013	360	Sabará	18026	370	Santa Luzia	24103	379	São Joaquim de Bicas
17305	360	Sabará	18021	370	Santa Luzia	24104	379	São Joaquim de Bicas
17015	360	Sabará	18107	370	Santa Luzia	24102	379	São Joaquim de Bicas
17006	360	Sabará	18109	371	Santa Luzia	24107	379	São Joaquim de Bicas
17112	361	Sabará	18004	371	Santa Luzia	19105	380	São José da Lapa
17104	361	Sabará	18005	371	Santa Luzia	19104	380	São José da Lapa
17102	361	Sabará	18006	371	Santa Luzia	19110	381	São José da Lapa
17202	362	Sabará	18007	371	Santa Luzia	19111	381	São José da Lapa
17203	362	Sabará	18111	371	Santa Luzia	19102	381	São José da Lapa
17201	362	Sabará	18019	371	Santa Luzia	19106	381	São José da Lapa
17002	363	Sabará	18108	371	Santa Luzia	19108	381	São José da Lapa
17010	364	Sabará	18008	372	Santa Luzia	19107	382	São José da Lapa
17005	364	Sabará	18114	372	Santa Luzia	19103	382	São José da Lapa
17004	364	Sabará	18020	372	Santa Luzia	19101	382	São José da Lapa
17001	364	Sabará	18002	372	Santa Luzia	19109	382	São José da Lapa
17003	364	Sabará	18001	372	Santa Luzia	20206	383	Sarzedo
17009	364	Sabará	18115	372	Santa Luzia	20202	383	Sarzedo
17303	365	Sabará	18025	372	Santa Luzia	20208	383	Sarzedo
17301	365	Sabará	18024	372	Santa Luzia	20203	384	Sarzedo
17302	365	Sabará	18012	372	Santa Luzia	20207	384	Sarzedo
17108	366	Sabará	18013	372	Santa Luzia	20210	384	Sarzedo
17113	366	Sabará	18011	372	Santa Luzia	20205	384	Sarzedo
17106	366	Sabará	18017	372	Santa Luzia	20204	384	Sarzedo
17107	366	Sabará	18113	372	Santa Luzia	20201	385	Sarzedo
17008	367	Sabará	18101	373	Santa Luzia	20209	385	Sarzedo
17103	367	Sabará	18110	374	Santa Luzia	33006	386	Taquaraçu de Minas
17007	367	Sabará	18102	374	Santa Luzia	33001	386	Taquaraçu de Minas
17109	368	Sabará	18112	374	Santa Luzia	33004	386	Taquaraçu de Minas
17110	368	Sabará	18003	375	Santa Luzia	33008	386	Taquaraçu de Minas
17111	368	Sabará	18023	376	Santa Luzia	33005	386	Taquaraçu de Minas
17018	368	Sabará	18022	376	Santa Luzia	33007	386	Taquaraçu de Minas
17101	368	Sabará	18018	376	Santa Luzia	33003	386	Taquaraçu de Minas

Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

33009	386	Taquaraçu de Minas	21020	388	Vespasiano	21010	391	Vespasiano
33002	386	Taquaraçu de Minas	21030	389	Vespasiano	21032	391	Vespasiano
21024	387	Vespasiano	21005	389	Vespasiano	21014	391	Vespasiano
21013	387	Vespasiano	21019	389	Vespasiano	21007	392	Vespasiano
21016	387	Vespasiano	21006	389	Vespasiano	21027	392	Vespasiano
21017	387	Vespasiano	21025	389	Vespasiano	21002	392	Vespasiano
21022	387	Vespasiano	21004	389	Vespasiano	21028	392	Vespasiano
21026	387	Vespasiano	21029	389	Vespasiano	21031	393	Vespasiano
21018	387	Vespasiano	21021	390	Vespasiano	21008	393	Vespasiano
21009	388	Vespasiano	21015	390	Vespasiano	21012	393	Vespasiano
21023	388	Vespasiano	21011	391	Vespasiano	ah2011	codigo_zona	munic_nome

Na tabela 3 apresenta-se o volume de zonas de estudo para cada município da região metropolitana:

Município	Zonas	Município	Zonas
Baldim	3	Mário Campos	1
Belo Horizonte	165	Mateus Leme	7
Betim	36	Matozinhos	6
Brumadinho	9	Nova Lima	11
Caeté	4	Nova União	1
Capim Branco	1	Pedro Leopoldo	8
Confins	1	Raposos	2
Contagem	34	Ribeirão das Neves	20
Esmeraldas	7	Rio Acima	1
Florestal	1	Rio Manso	1
Ibirité	9	Sabará	9
Igarapé	4	Santa Luzia	9
Itaguara	2	São Joaquim de Bicas	2
Itatiaiuçu	4	São José da Lapa	3
Jaboticatubas	4	Sarzedo	3
Juatuba	4	Taquaraçu de Minas	1
Lagoa Santa	13	Vespasiano	7

Tabela 3 - Volume de zonas de estudo por município

## 2.4 Qualificação da amostra e limpeza de dados

### Limpeza de dados

A limpeza dos dados ocorre no final de cada fase de processamento das informações, de modo que os erros possam ser detectados não apenas nos dados de entrada, mas também nos resultados dos algoritmos de extração dos insights. Dentro dessas "verificações de qualidade", o mais importante é, sem dúvida, a limpeza de dados de eventos de rede e das tabelas do catálogo de células.

Se os volumes de eventos e células do dia estiverem fora do intervalo de  $\pm 3\sigma$  da distribuição de volumes dos 30 dias anteriores, os dados desse dia serão descartados. Antes de descartar os dados, um processo de investigação é feito para que se verifique a possibilidade de recuperação de tais informações. Enfatiza-se que para o caso das datas utilizadas neste estudo nenhum dia foi descartado pelo critério acima (informação relativa ao mês de novembro de 2019, primeiro período de análise deste estudo).

O volume diário de eventos de rede é bastante estável, com flutuações esperadas nos fins de semana e feriados. Ao se analisar 30 dias anteriores ao dia avaliado, toda a variabilidade do período em questão se incorpora a análise, permitindo uma melhor caracterização do que pode ser considerado como comportamento atípico. A decisão de se utilizar um intervalo de  $\pm 3\sigma$  como padrão visa criar um alerta sobre comportamentos bastante anormais que abarcariam valores inferiores a 1% dos casos analisados. Os critérios são aplicados a nível nacional.

Para o caso das antenas, considera-se como inválida qualquer antena que esteja desativada e que portanto não gere eventos para o estudo. Salienta-se que a rede móvel é projetada para não deixar sombras de cobertura, de forma que ao se desativar uma antena, o serviço provido pela mesma é substituído por outra antena. Sendo assim, a exclusão de tais equipamentos não gera efeito prático relevante na condução dos estudos em questão. Para que se possa dar conhecimento da estabilidade dos registros segue abaixo a distribuição percentual dos eventos de rede por dia nos meses de outubro/2019, novembro/2019 e maio/2021.

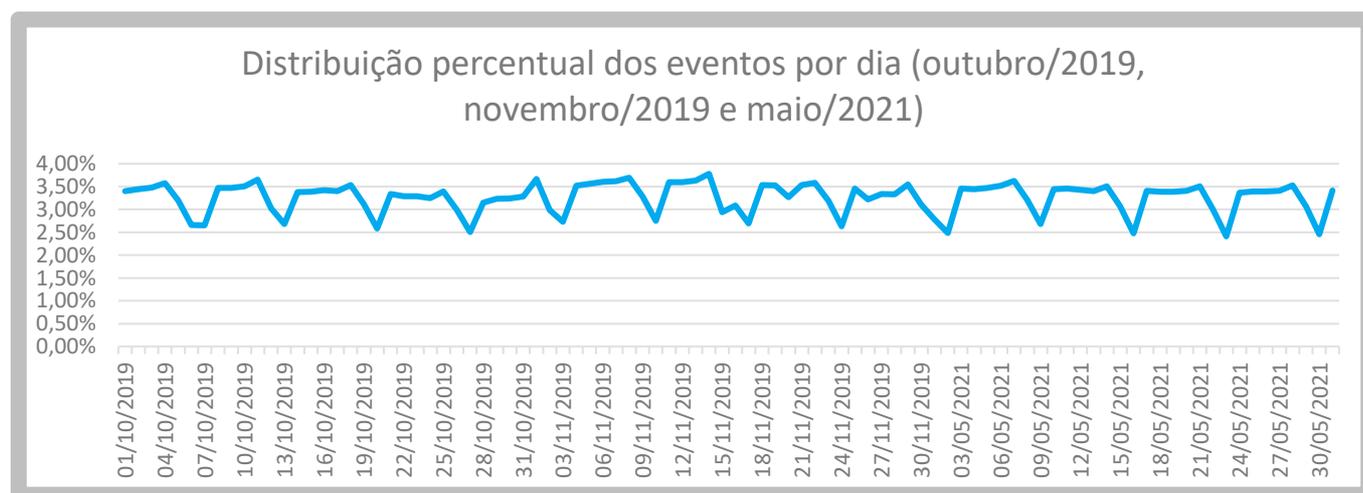


Figure 10 - Distribuição percentual dos eventos por dia em cada mês

## 2.5 Tratamento dos dados para geração das viagens

Após a limpeza da base de dados os eventos de rede são tratados para que se transformem nas seguintes informações estruturadas, útil para a análise de mobilidade:

### Estadias

Uma estadia é criada quando se observa através dos registros de eventos que um usuário permaneceu em um determinado local por um período especificado. Tal tipo de registro permite mapear o local de residência dos usuários, o que é necessário para que se possa executar o processo de extrapolação. Registros de permanência também são necessários para que possa diferenciar as origens/destinos das regiões de passagem das viagens. Utilizou-se neste projeto o critério de permanência de 30 minutos para que uma região geográfica possa ser considerada como origem ou destino.

## Viagens

Correspondem a deslocamentos entre duas estadias que aconteçam em locais distintos.

## Pontos intermediários

Correspondem a pontos intermediários da viagem detectados entre as origens e destinos.

Abaixo ilustra-se graficamente este processo de tratamento de dados:

### Dwell (settle)

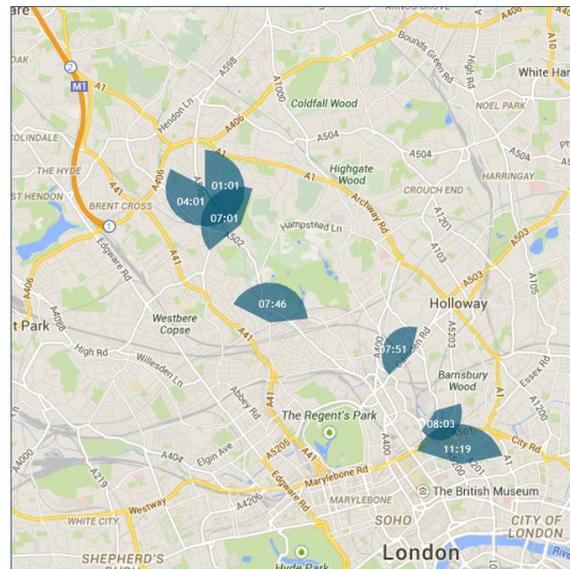
Local onde o usuário permanece estacionário

### Journey (trip)

Deslocamento observado entre 2 regiões onde o usuário esteve estacionário (Dwells)

### Via Points

Eventos celulares observados durante o trajeto



### Dwell (settle)

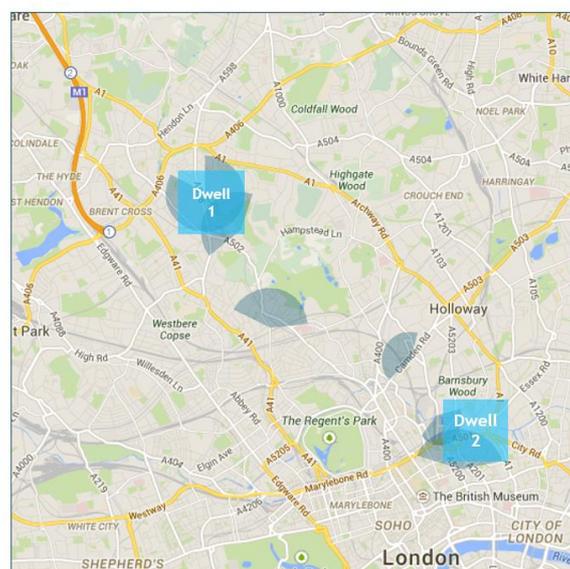
Local onde o usuário permanece estacionário

### Journey (trip)

Deslocamento observado entre 2 regiões onde o usuário esteve estacionário (Dwells)

### Via Points

Eventos celulares observados durante o trajeto



**Dwell (settle)**

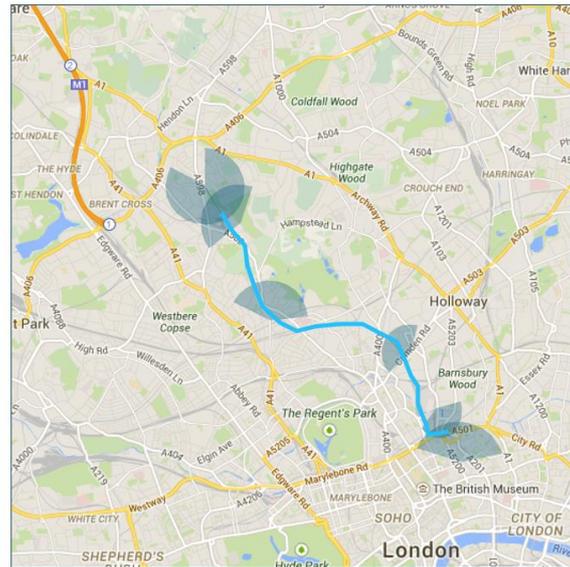
Local onde o usuário permanece estacionário

**Journey (trip)**

Deslocamento observado entre 2 regiões onde o usuário esteve estacionário (Dwells)

**Via Points**

Eventos celulares observados durante o trajeto



**Dwell (settle)**

Local onde o usuário permanece estacionário

**Journey (trip)**

Deslocamento observado entre 2 regiões onde o usuário esteve estacionário (Dwells)

**Via Points**

Eventos celulares observados durante o trajeto

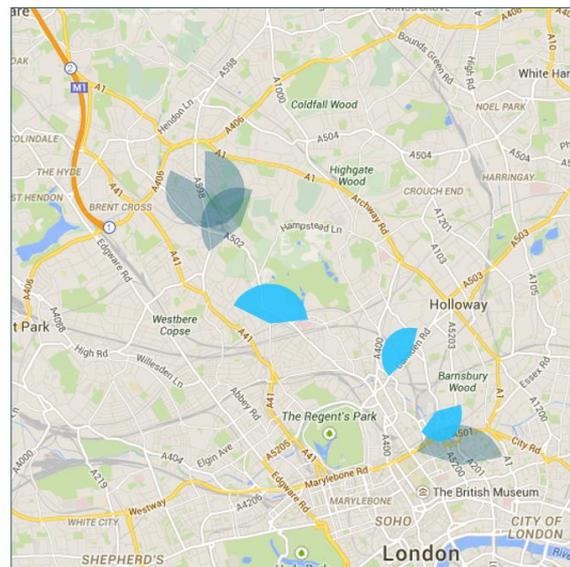


Figure 11 - Ilustração gráfica do processo de tratamento de dados

Ilustra-se na figura 12 como um usuário ao longo do dia poderia ter seus eventos de rede transformados em estadias, viagens e pontos intermediários.

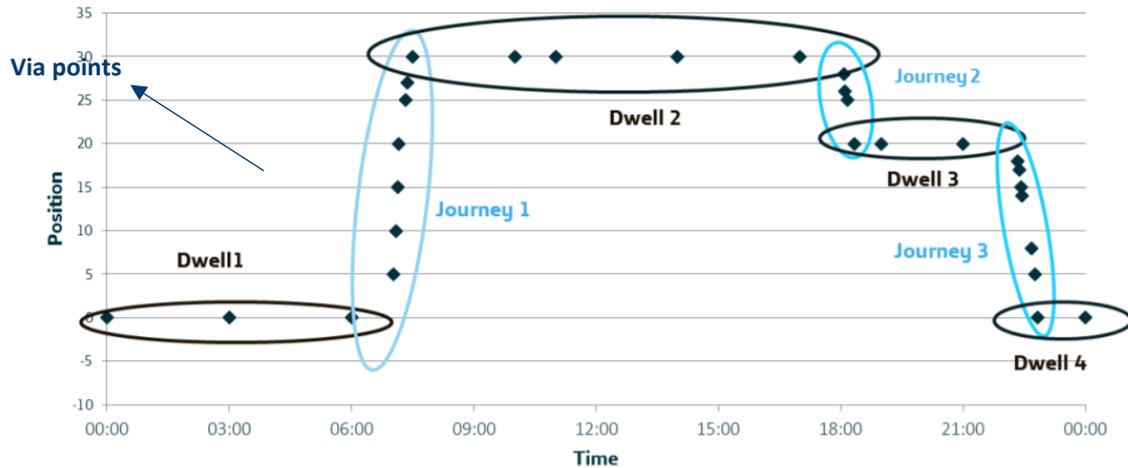


Figure 12 - Conceito de estadia, viagem e ponto intermediário a nível temporal

## 2.6 Representatividade estatística da amostra

Uma das grandes vantagens de se trabalhar com dados da rede móvel é que a amostra da população é muito maior do que em uma pesquisa tradicional, o que aumenta a representatividade e pode ampliar o leque de conclusões a serem obtidas. Para calcular a representatividade de uma amostra, deve-se monitorar dois parâmetros: a margem de erro e o nível de confiança

- Margem de erro: é o intervalo em que se espera encontrar os dados a serem medidos na população. Isto é, tomando uma proporção da população, espera-se que as conclusões tiradas daquela amostra levadas a população estejam em um intervalo centrado no valor obtido com uma amplitude de duas vezes a margem de erro (um uma vez para baixo e uma vez para cima). Visto com um exemplo: Assumindo um nível de confiança de 95%, se a margem de erro oferecida pela amostra for de 5%, isso significa que se a conclusão for de que 70% da minha amostra mora em uma determinada cidade, essa conclusão poderia ser tomada para a população com uma flutuação de 5% para mais ou para menos (com 95% de confiança).
- Nível de confiança: É a certeza de que os dados que se pretende estimar em relação a população estão no intervalo estabelecido pela margem de erro explicada acima. No exemplo anterior, se a amostra permitir um nível de confiança de 95%, significa que a proporção da característica de interesse na população tem uma probabilidade de 95% de estar dentro da margem erro especificada.

A relação entre o tamanho da população, o tamanho da amostra, a margem de erro e o nível de confiança é governada pela seguinte fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Onde:

N: tamanho da população.

n: tamanho da amostra.

e: margem máxima de erro permitida.

Z: desvio do valor médio para atingir o nível de confiança desejado (é dado pelas tabelas da distribuição normal, de modo que, se o nível de confiança desejado for, por exemplo, 95%, então Z = 1,96).

p: proporção esperada para ser encontrada. Se não for conhecido, 50% é usado, o que representa o valor mais conservador.

Quando o tamanho da população é muito grande (maior que 100.000 indivíduos, a fórmula pode ser simplificada da seguinte forma:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{e^2}$$

Por questões regulatórias e de respeito a privacidade dos usuários a Telefônica tem algumas restrições quanto aos dados que pode compartilhar:

- 1) Telefônica não pode compartilhar dados não extrapolados, o que significa que não se pode abrir o valor da amostra utilizada nos estudos. Ao fazê-lo se estaria expondo informações da base de clientes da empresa, o que não se permite.
- 2) Telefônica não pode compartilhar estatísticas de deslocamento que representem volumes inferiores a 10 deslocamentos. Ao fazê-lo se facilitaria a identificação individual de usuários.

Entretanto, existem informações públicas a nível macro que permitem entender a magnitude desta amostra. Grande parte destas informações podem ser encontradas no site: <http://www.teleco.com.br>, que resume uma série de estatísticas a respeito do mercado brasileiro de telecomunicações. A escolha de tal fonte se deve a praticidade oferecida pela mesma na disponibilização de dados. Sendo a própria Telefônica uma operadora de telefonia móvel, pode a mesma validar a autenticidade e acurácia dos dados reportados pela fonte a seu respeito. Na tabela a seguir oferece-se uma visão da participação de mercado das operadoras nos diversos DDD's de Minas Gerais:

Código Nacional	Vivo	Claro/Nextel	TIM	Oi	Algar	Outras	Total Celulares
31	41,3%	14,8%	20,4%	22,4%	0,0%	1,2%	9.158.418
32	45,3%	18,5%	13,7%	22,3%	0,0%	0,1%	2.029.895
33	48,5%	8,7%	9,8%	32,8%	0,0%	0,1%	1.964.297
34	23,6%	7,8%	20,5%	12,6%	35,4%	0,1%	2.682.583
35	57,3%	8,2%	17,0%	16,2%	0,7%	0,7%	2.787.281
37	60,2%	2,6%	16,4%	13,6%	7,0%	0,3%	1.328.894
38	64,2%	3,5%	19,3%	12,9%	0,0%	0,1%	2.155.531
MG	45,5%	11,1%	18,1%	19,9%	4,8%	0,6%	22.106.899

Tabela 4 - Participação de mercado das operadoras em MG por DDD (Dez 2020)

Fonte: [https://www.teleco.com.br/cel\\_ddd.as](https://www.teleco.com.br/cel_ddd.as)



Detalha-se na tabela 5 o nível de qualidade de amostra obtido em cada uma das regiões de estudo propostas:

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
1	Baldim	4.392	OK	OK
2	Baldim	1.750	OK	OK
3	Baldim	1.686	OK	OK
4	Belo Horizonte	5.191	OK	OK
5	Belo Horizonte	26.467	OK	OK
6	Belo Horizonte	1.988	OK	OK
7	Belo Horizonte	17.660	OK	OK
8	Belo Horizonte	16.696	OK	OK
9	Belo Horizonte	4.813	OK	OK
10	Belo Horizonte	7.369	OK	OK
11	Belo Horizonte	4.310	OK	OK
12	Belo Horizonte	11.955	OK	OK
13	Belo Horizonte	22.472	OK	OK
14	Belo Horizonte	24.118	OK	OK
15	Belo Horizonte	36.114	OK	OK
16	Belo Horizonte	12.548	OK	OK
17	Belo Horizonte	7.582	OK	OK
18	Belo Horizonte	6.762	OK	OK
19	Belo Horizonte	6.636	OK	OK
20	Belo Horizonte	13.533	OK	OK
21	Belo Horizonte	18.240	OK	OK
22	Belo Horizonte	1.856	OK	OK
23	Belo Horizonte	12.638	OK	OK
24	Belo Horizonte	3.710	OK	OK
25	Belo Horizonte	16.844	OK	OK
26	Belo Horizonte	3.056	OK	OK
27	Belo Horizonte	18.779	OK	OK
28	Belo Horizonte	28.540	OK	OK
29	Belo Horizonte	41.176	OK	OK
30	Belo Horizonte	9.479	OK	OK
31	Belo Horizonte	12.138	OK	OK
32	Belo Horizonte	1.393	NOK	NOK
33	Belo Horizonte	6.413	OK	OK
34	Belo Horizonte	16.939	OK	OK
35	Belo Horizonte	10.986	OK	OK
36	Belo Horizonte	7.751	OK	OK
37	Belo Horizonte	12.414	OK	OK
38	Belo Horizonte	26.721	OK	OK
39	Belo Horizonte	11.219	OK	OK
40	Belo Horizonte	8.327	OK	OK
41	Belo Horizonte	9.477	OK	OK
42	Belo Horizonte	16.659	OK	OK
43	Belo Horizonte	16.536	OK	OK
44	Belo Horizonte	16.983	OK	OK
45	Belo Horizonte	16.850	OK	OK
46	Belo Horizonte	10.451	OK	OK
47	Belo Horizonte	13.917	OK	OK
48	Belo Horizonte	856	NOK	OK
49	Belo Horizonte	3.397	OK	OK
50	Belo Horizonte	23.038	OK	OK
51	Belo Horizonte	5.794	OK	OK
52	Belo Horizonte	41.008	OK	OK
53	Belo Horizonte	10.933	OK	OK
54	Belo Horizonte	18.275	OK	OK
55	Belo Horizonte	8.262	OK	OK
56	Belo Horizonte	24.916	OK	OK
57	Belo Horizonte	10.860	OK	OK
58	Belo Horizonte	15.465	OK	OK
59	Belo Horizonte	19.322	OK	OK
60	Belo Horizonte	14.824	OK	OK



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
61	Belo Horizonte	46.367	OK	OK
62	Belo Horizonte	13.098	OK	OK
63	Belo Horizonte	10.096	OK	OK
64	Belo Horizonte	34.910	OK	OK
65	Belo Horizonte	8.213	OK	OK
66	Belo Horizonte	31.028	OK	OK
67	Belo Horizonte	14.816	OK	OK
68	Belo Horizonte	13.780	OK	OK
69	Belo Horizonte	6.873	OK	OK
70	Belo Horizonte	6.777	OK	OK
71	Belo Horizonte	11.923	OK	OK
72	Belo Horizonte	25.633	OK	OK
73	Belo Horizonte	8.233	OK	OK
74	Belo Horizonte	4.743	NOK	OK
75	Belo Horizonte	45.875	OK	OK
76	Belo Horizonte	25.906	OK	OK
77	Belo Horizonte	42.069	OK	OK
78	Belo Horizonte	12.662	OK	OK
79	Belo Horizonte	23.622	OK	OK
80	Belo Horizonte	10.825	OK	OK
81	Belo Horizonte	19.612	OK	OK
82	Belo Horizonte	36.848	OK	OK
83	Belo Horizonte	8.153	OK	OK
84	Belo Horizonte	9.070	OK	OK
85	Belo Horizonte	40.619	OK	OK
86	Belo Horizonte	15.127	OK	OK
87	Belo Horizonte	26.168	OK	OK
88	Belo Horizonte	7.459	OK	OK
89	Belo Horizonte	16.443	OK	OK
90	Belo Horizonte	26.067	OK	OK
91	Belo Horizonte	13.621	OK	OK
92	Belo Horizonte	8.938	OK	OK
93	Belo Horizonte	17.767	OK	OK
94	Belo Horizonte	24.997	OK	OK
95	Belo Horizonte	16.211	OK	OK
96	Belo Horizonte	20.436	OK	OK
97	Belo Horizonte	12.396	OK	OK
98	Belo Horizonte	6.994	OK	OK
99	Belo Horizonte	10.189	OK	OK
100	Belo Horizonte	6.068	OK	OK
101	Belo Horizonte	10.057	OK	OK
102	Belo Horizonte	7.265	OK	OK
103	Belo Horizonte	6.931	OK	OK
104	Belo Horizonte	926	OK	OK
105	Belo Horizonte	14.119	OK	OK
106	Belo Horizonte	21.245	OK	OK
107	Belo Horizonte	25.675	OK	OK
108	Belo Horizonte	5.004	OK	OK
109	Belo Horizonte	22.078	OK	OK
110	Belo Horizonte	26.465	OK	OK
111	Belo Horizonte	19.551	OK	OK
112	Belo Horizonte	12.421	OK	OK
113	Belo Horizonte	4.715	OK	OK
114	Belo Horizonte	2.956	OK	OK
115	Belo Horizonte	23.338	OK	OK
116	Belo Horizonte	10.449	OK	OK
117	Belo Horizonte	8.909	OK	OK
118	Belo Horizonte	28.010	OK	OK
119	Belo Horizonte	17.934	OK	OK
120	Belo Horizonte	12.482	OK	OK



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
121	Belo Horizonte	9.971	OK	OK
122	Belo Horizonte	12.683	OK	OK
123	Belo Horizonte	18.438	OK	OK
124	Belo Horizonte	12.810	OK	OK
125	Belo Horizonte	15.182	OK	OK
126	Belo Horizonte	12.487	OK	OK
127	Belo Horizonte	54.490	OK	OK
128	Belo Horizonte	4.205	OK	OK
129	Belo Horizonte	14.638	OK	OK
130	Belo Horizonte	12.870	OK	OK
131	Belo Horizonte	571	OK	OK
132	Belo Horizonte	1.756	OK	OK
133	Belo Horizonte	6.120	OK	OK
134	Belo Horizonte	13.712	OK	OK
135	Belo Horizonte	13.450	OK	OK
136	Belo Horizonte	12.826	OK	OK
137	Belo Horizonte	14.527	OK	OK
138	Belo Horizonte	27.361	OK	OK
139	Belo Horizonte	12.428	OK	OK
140	Belo Horizonte	11.310	OK	OK
141	Belo Horizonte	9.969	OK	OK
142	Belo Horizonte	12.113	OK	OK
143	Belo Horizonte	18.113	OK	OK
144	Belo Horizonte	11.195	OK	OK
145	Belo Horizonte	22.266	OK	OK
146	Belo Horizonte	5.285	OK	OK
147	Belo Horizonte	19.428	OK	OK
148	Belo Horizonte	2.500	OK	OK
149	Belo Horizonte	22.603	OK	OK
150	Belo Horizonte	16.203	OK	OK
151	Belo Horizonte	16.029	OK	OK
152	Belo Horizonte	4.764	NOK	OK
153	Belo Horizonte	21.029	OK	OK
154	Belo Horizonte	2.959	OK	OK
155	Belo Horizonte	23.504	OK	OK
156	Belo Horizonte	19.022	OK	OK
157	Belo Horizonte	12.963	OK	OK
158	Belo Horizonte	16.916	OK	OK
159	Belo Horizonte	17.952	OK	OK
160	Belo Horizonte	18.595	OK	OK
161	Belo Horizonte	10.020	OK	OK
162	Belo Horizonte	15.109	OK	OK
163	Belo Horizonte	8.483	OK	OK
164	Belo Horizonte	18.961	OK	OK
165	Belo Horizonte	8.724	OK	OK
166	Belo Horizonte	50.548	OK	OK
167	Belo Horizonte	11.248	OK	OK
168	Betim	7.003	OK	OK
169	Betim	226	OK	OK
170	Betim	12.117	OK	OK
171	Betim	17.416	OK	OK
172	Betim	12.171	OK	OK
173	Betim	18.071	OK	OK
174	Betim	22.602	OK	OK
175	Betim	32.101	OK	OK
176	Betim	10.813	OK	OK
177	Betim	23.543	OK	OK
178	Betim	2.475	OK	OK
179	Betim	236	OK	OK
180	Betim	17.871	OK	OK



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
181	Betim	22.747	OK	OK
182	Betim	21.417	OK	OK
183	Betim	4.185	OK	OK
184	Betim	8.182	OK	OK
185	Betim	57	OK	OK
186	Betim	9.684	OK	OK
187	Betim	1.269	OK	OK
188	Betim	5.192	OK	OK
189	Betim	17.653	OK	OK
190	Betim	19.624	OK	OK
191	Betim	1.321	OK	OK
192	Betim	38.916	OK	OK
193	Betim	8.649	OK	OK
194	Betim	1.473	OK	OK
195	Betim	2.199	OK	OK
196	Betim	11.831	OK	OK
197	Betim	22.005	OK	OK
198	Betim	6.813	OK	OK
199	Betim	24.884	OK	OK
200	Betim	6.348	OK	OK
201	Betim	13.788	OK	OK
202	Betim	9.184	OK	OK
203	Betim	5.295	OK	OK
204	Brumadinho	9.032	OK	OK
205	Brumadinho	6.912	OK	OK
206	Brumadinho	681	OK	OK
207	Brumadinho	5.955	OK	OK
208	Brumadinho	7.743	OK	OK
209	Brumadinho	5.440	OK	OK
210	Brumadinho	1.587	OK	OK
211	Brumadinho	2.669	OK	OK
212	Brumadinho	89	OK	OK
213	Caeté	33.085	OK	OK
214	Caeté	4.737	OK	OK
215	Caeté	909	OK	OK
216	Caeté	5.989	OK	OK
217	Capim Branco	9.754	OK	OK
218	Confins	6.730	OK	OK
219	Contagem	20.247	OK	OK
220	Contagem	915	OK	OK
221	Contagem	37.297	OK	OK
222	Contagem	32.669	OK	OK
223	Contagem	24.656	OK	OK
224	Contagem	53.612	OK	OK
225	Contagem	31.900	OK	OK
226	Contagem	6.876	OK	OK
227	Contagem	7.803	OK	OK
228	Contagem	8.790	OK	OK
229	Contagem	15.352	OK	OK
230	Contagem	24.496	OK	OK
231	Contagem	13.129	OK	OK
232	Contagem	51.581	OK	OK
233	Contagem	27.785	OK	OK
234	Contagem	12.017	OK	OK
235	Contagem	37.377	OK	OK
236	Contagem	37.165	OK	OK
237	Contagem	45.750	OK	OK
238	Contagem	1.607	OK	OK
239	Contagem	5.730	OK	OK
240	Contagem	5.631	OK	OK



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
241	Contagem	9.024	OK	OK
242	Contagem	16.312	OK	OK
243	Contagem	13.397	OK	OK
244	Contagem	9.542	OK	OK
245	Contagem	28.877	OK	OK
246	Contagem	7.389	OK	OK
247	Contagem	6.113	OK	OK
248	Contagem	10.911	OK	OK
249	Contagem	14.363	NOK	OK
250	Contagem	15.008	OK	OK
251	Contagem	26.224	OK	OK
252	Contagem	4.325	OK	OK
253	Esmeraldas	18.125	OK	OK
254	Esmeraldas	16.905	OK	OK
255	Esmeraldas	11.367	OK	OK
256	Esmeraldas	10.946	OK	OK
257	Esmeraldas	5.469	OK	OK
258	Esmeraldas	5.873	OK	OK
259	Esmeraldas	1.870	OK	OK
260	Florestal	7.461	OK	OK
261	Ibirité	19.836	OK	OK
262	Ibirité	23.466	OK	OK
263	Ibirité	37.804	OK	OK
264	Ibirité	4.976	OK	OK
265	Ibirité	35.431	OK	OK
266	Ibirité	8.149	OK	OK
267	Ibirité	22.057	OK	OK
268	Ibirité	8.782	OK	OK
269	Ibirité	19.708	OK	OK
270	Igarapé	11.800	OK	OK
271	Igarapé	3.221	OK	OK
272	Igarapé	13.912	OK	OK
273	Igarapé	14.114	OK	OK
274	Itaguara	3.073	OK	OK
275	Itaguara	10.286	OK	OK
276	Itatiaiuçu	949	OK	OK
277	Itatiaiuçu	4.454	OK	OK
278	Itatiaiuçu	3.958	OK	OK
279	Itatiaiuçu	1.787	OK	OK
280	Jaboticatubas	10.605	OK	OK
281	Jaboticatubas	1.842	OK	OK
282	Jaboticatubas	5.980	OK	OK
283	Jaboticatubas	1.717	OK	OK
284	Juatuba	2.831	OK	OK
285	Juatuba	2.126	OK	OK
286	Juatuba	7.524	OK	OK
287	Juatuba	14.467	OK	OK
288	Lagoa Santa	2.169	OK	OK
289	Lagoa Santa	38	OK	OK
290	Lagoa Santa	2.791	OK	OK
291	Lagoa Santa	10.209	OK	OK
292	Lagoa Santa	10.663	OK	OK
293	Lagoa Santa	4.352	OK	OK
294	Lagoa Santa	26	OK	OK
295	Lagoa Santa	3.281	OK	OK
296	Lagoa Santa	10.155	OK	OK
297	Lagoa Santa	1.873	OK	OK
298	Lagoa Santa	11.450	OK	OK
299	Lagoa Santa	657	OK	OK
300	Lagoa Santa	6.870	OK	OK



Relatório de Metodologia e Resultados OD RMBH

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
301	Mário Campos	15.417	OK	OK
302	Mateus Leme	7.892	OK	OK
303	Mateus Leme	1.363	OK	OK
304	Mateus Leme	908	OK	OK
305	Mateus Leme	8.171	OK	OK
306	Mateus Leme	4.076	OK	OK
307	Mateus Leme	6.288	OK	OK
308	Mateus Leme	2.393	OK	OK
309	Matozinhos	4.966	OK	OK
310	Matozinhos	8.303	OK	OK
311	Matozinhos	3.832	OK	OK
312	Matozinhos	4.832	OK	OK
313	Matozinhos	4.482	OK	OK
314	Matozinhos	11.408	OK	OK
315	Nova Lima	1.159	NOK	OK
316	Nova Lima	9.682	OK	OK
317	Nova Lima	2.246	OK	OK
318	Nova Lima	7.638	OK	OK
319	Nova Lima	28.219	OK	OK
320	Nova Lima	4.947	OK	OK
321	Nova Lima	5.193	OK	OK
322	Nova Lima	16.329	OK	OK
323	Nova Lima	8.073	OK	OK
324	Nova Lima	11.411	OK	OK
325	Nova União	5.725	OK	OK
326	Pedro Leopoldo	12.112	OK	OK
327	Pedro Leopoldo	5.780	OK	OK
328	Pedro Leopoldo	3.023	OK	OK
329	Pedro Leopoldo	4.207	OK	OK
330	Pedro Leopoldo	1.278	OK	OK
331	Pedro Leopoldo	8.624	OK	OK
332	Pedro Leopoldo	2.797	OK	OK
333	Pedro Leopoldo	26.439	OK	OK
334	Raposos	695	OK	OK
335	Raposos	15.660	OK	OK
336	Ribeirão das Ne	43.800	OK	OK
337	Ribeirão das Ne	17.096	OK	OK
338	Ribeirão das Ne	25.149	OK	OK
339	Ribeirão das Ne	12.463	OK	OK
340	Ribeirão das Ne	17.355	OK	OK
341	Ribeirão das Ne	16.403	OK	OK
342	Ribeirão das Ne	22.040	OK	OK
343	Ribeirão das Ne	23.588	OK	OK
344	Ribeirão das Ne	32.016	OK	OK
345	Ribeirão das Ne	7.801	OK	OK
346	Ribeirão das Ne	21.854	OK	OK
347	Ribeirão das Ne	12.547	OK	OK
348	Ribeirão das Ne	14.620	OK	OK
349	Ribeirão das Ne	10.235	OK	OK
350	Ribeirão das Ne	3.330	NOK	OK
351	Ribeirão das Ne	16.061	OK	OK
352	Ribeirão das Ne	19.811	OK	OK
353	Ribeirão das Ne	1.358	OK	OK
354	Ribeirão das Ne	15.219	OK	OK
355	Ribeirão das Ne	2.124	NOK	OK
356	Rio Acima	10.312	OK	OK
357	Rio Manso	5.833	OK	OK
358	Sabará	9.871	OK	OK
359	Sabará	23.096	OK	OK
360	Sabará	776	OK	OK

ID zona	Município	População (Proj. 2019)	Qualidade Amostra	
			Confiança: 95% Tx Erro: 5 %	Confiança: 95% Tx Erro: 10 %
361	Sabará	2.756	NOK	OK
362	Sabará	19.793	OK	OK
363	Sabará	5.597	OK	OK
364	Sabará	32.660	OK	OK
365	Sabará	9.101	OK	OK
366	Sabará	32.699	OK	OK
367	Santa Luzia	24.788	OK	OK
368	Santa Luzia	40.484	OK	OK
369	Santa Luzia	31.229	OK	OK
370	Santa Luzia	34.241	OK	OK
371	Santa Luzia	20.773	OK	OK
372	Santa Luzia	29.500	OK	OK
373	Santa Luzia	3.187	NOK	OK
374	Santa Luzia	3.977	OK	OK
375	Santa Luzia	30.960	OK	OK
376	São Joaquim de	4.782	OK	OK
377	São Joaquim de	26.797	OK	OK
378	São José da Lapa	2.209	OK	OK
379	São José da Lapa	16.621	OK	OK
380	São José da Lapa	4.937	OK	OK
381	Sarzedo	13.746	OK	OK
382	Sarzedo	14.208	OK	OK
383	Sarzedo	4.799	OK	OK
384	Taquaraçu de Mi	4.077	OK	OK
385	Vespasiano	13.727	OK	OK
386	Vespasiano	26.573	OK	OK
387	Vespasiano	23.267	OK	OK
388	Vespasiano	6.261	OK	OK
389	Vespasiano	32.590	OK	OK
390	Vespasiano	7.253	OK	OK
391	Vespasiano	17.934	OK	OK

Tabela 5 - Qualidade da amostra por zona de análise

Pelo detalhado acima observa-se que 99,3% da população estaria contemplada em regiões que atendem ao critério de qualidade da amostra de 95% de confiança e 5% de erro, enquanto 0,7% da população estaria dentro do critério de qualidade de 95% de confiança e 10% de erro. A população das regiões que não atendem a estes critérios é mínima, respondendo por 0,03% do total.

## 2.7 Processo de expansão da amostra

Todos os resultados deste estudo são extrapolados, o que significa que representam o comportamento de toda população e não somente dos usuários Telefônica. Descreve-se a seguir as etapas executadas durante este processo de extrapolação.

### Construção da população residente por zona (Telefônica):

Para que se execute o processo de extrapolação é necessário assignar um local de residência aos usuários Telefônica. Tal definição é feita baseando-se exclusivamente no hábito de uso do celular dos usuários. É marcado como local de residência a zona de maior frequência onde o usuário foi encontrado no período entre 22:00 horas e 06:00 horas (durante todo o período de análise). Caso não seja possível detectar o local de residência de um usuário o mesmo será descartado da amostra. Como o processo de extrapolação é feito a partir da amostra válida o descarte de usuários não gera efeito prático sobre os resultados.

### Construção da população residente por zona (Censo):

O processo inicia-se com a alocação das informações censitárias nas zonas de estudo da matriz. Todos os setores censitários cujos centroides estejam contidos em uma zona de estudo tem sua população alocada como residente nesta zona. Assim constrói-se a população estimada de cada zona baseando-se no censo de 2010. Posteriormente um fator linear é aplicado sobre cada município, de forma que a população de cada município atinja o valor projetado para o ano de estudo. Tal processo faz-se necessário, pois, enquanto o censo de 2010 apresenta a distribuição demográfica da população, a projeção de população por município para o ano de estudo não tem esta abertura. A projeções de população para um determinado ano podem ser encontradas no link abaixo (tal tabela também será disponibilizada em conjunto com os resultados deste projeto).

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>

### Construção da população trabalhadora por zona (Telefônica):

É realizado a alocação da zona de trabalho para cada usuário da base. Tal definição é feita baseando-se exclusivamente no hábito de uso do celular dos usuários. É marcado como local de trabalho a zona de maior frequência onde o usuário foi encontrado no período entre 09:00 horas e 15:00 horas nos dias úteis (durante todo o período de análise). Caso não seja possível detectar o local de trabalho de um usuário o mesmo será descartado da amostra. Como o processo de extrapolação é feito a partir da amostra válida o descarte de usuários não gera efeito prático sobre os resultados.

### Identificação de usuários por dia:

Para cada dia de análise, cria-se uma lista dos usuários que foram identificados naquele dia. Entenda-se por usuário identificado, o usuário, que neste dia tenha deixado um registro de permanência. Este registro de permanência independe do fato deste usuário ter ou não realizado alguma viagem. Assim sendo, para cada dia de análise gera-se esta lista de usuários únicos identificados. Adiciona-se a esta tabela de dados as informações da zona de residência dos usuários, além da informação de gênero e faixa etária. Estas 3 últimas informações são fixas por usuário. Nota-se que nesta etapa ainda se está trabalhando com dados individuais (cada usuário é identificado por um HASH). O resultado de tal tabela tem o seguinte formato:

Dia	Usuário	Zona Residência	Idade	Gênero
03/11/2019	AJFIEJDOE	45	20-29	m
03/11/2019	SIWVOSS	23	30-39	f

03/11/2019	IOWJSOSK	67	20-29	f
03/11/2019	SKSOSKW	98	40-49	f
04/11/2019	SRTUSKW	25	20-29	m
04/11/2019	AJFIEJDOE	45	40-49	m

Tabela 6- Exemplificando o processo de extrapolação dos dados

Tal tabela é em seguida agrupada por dia, zona de Residência, faixa etária e gênero, enquanto realiza-se a contagem de usuários distintos. Ao final desta agregação pode-se compreender, por exemplo, quantos usuários homens, de 20 a 29 anos, residentes da zona 45 foram identificados no dia 03. A tabela neste momento tem o seguinte formato:

Dia	Quantidade	Zona Residência	Idade	Gênero
03/11/2019	240	45	20-29	m
03/11/2019	260	45	20-29	f
03/11/2019	400	45	30-39	m
03/11/2019	430	45	30-39	f

Tabela 7 -Exemplificando o processo de extrapolação dos dados

A esta tabela pode-se adicionar a informação do censo, que corresponde ao volume de pessoas residentes nesta zona com determinado perfil demográfico. A partir dos dados do censo e das quantidades de amostras identificadas diariamente pode-se criar os fatores de extrapolação através da fórmula: Fator = Censo/Quantidade.

Dia	Quantidade	Zona Residência	Idade	Gênero	Censo	Fator
03/05/2017	240	45	20-29	m	720	3
03/05/2017	260	45	20-29	f	832	3,2
03/05/2017	400	45	30-39	m	1800	4,5
03/05/2017	430	45	30-39	f	2107	4,9

Tabela 8 - Exemplificando o processo de extrapolação dos dados

Tendo estes fatores calculados, quando um usuário, em um determinado dia, é detectado realizando uma viagem seu peso é aplicado. Para cada viagem realizada o peso é aplicado. Se o usuário realiza 2 viagens em um dia, aplica-se o peso para cada uma das viagens.

As variáveis sociodemográficas tem como origem o cadastro dos usuários junto a Telefônica, correspondendo portanto a informações declaradas. Utilizando as faixas de renda definidas no censo 2010, observa-se o mês e ano de análise, e assim é avaliado o salário mínimo vigente, para que possa ser atribuído a cada usuário uma faixa de renda.

O motivo da viagem é marcado como "residência" seja na origem ou no destino quando a zona de residência é igual a zona identificada na origem ou no destino, o mesmo ocorre para o motivo "trabalho/estudo", já quando a zona de origem ou destino não coincide com a residência ou com o "trabalho/estudo" o motivo fica marcado como "outros".

Após realizado o processo de expansão é realizado agregação dos dados utilizando-se as variáveis definidas no projeto, com essa agregação avalia-se o vol\_universo obtido, caso os volumes sejam inferiores a 10 aplica-se arredondamento nesse volume da seguinte forma: Valores menores que 5 são arredondados para zero e excluídos da base final, e a partir de 5 os valores assumem o valor de 10, tal ação se chega a um impacto na redução total da base de 9,04% do total de viagens medidas.

## 2.8 Limites da metodologia

O dado de telefonia impõe limites quanto a inferência de algumas informações, assim sendo pode-se observar a seguir alguns desses limites.

- **Modo de transporte:** essa inferência implica em como o usuário realizou a viagem, seja de carro, ônibus ou moto por exemplo, e portanto não é possível realizar inferência utilizando-se somente o dado de telefonia.
- **Viagens curtas:** a cobertura de telefonia tem uma variabilidade a partir de um raio mínimo de 500 metros, portanto a metodologia não informa viagens com distância inferior a esse raio.
- **Velocidade média do deslocamento:** devido aos critérios da metodologia para detecção de eventos e um raio mínimo de cobertura, não há a possibilidade de inferir uma velocidade média das viagens realizadas pelos usuários.
- **Motivo das viagens:** os motivos de viagens se limitam somente a detecção de casa, trabalho e outros. A metodologia não consegue inferir outro tipo de motivo, uma vez que não se tem uma informação declarada pelo usuário. Para definição de motivo a trabalho, também se tem uma limitação onde somente conseguimos apenas um local de trabalho, e esse local é identificado como trabalho formal de cada usuário, para locais de trabalhos informais (quando o usuário não tem um lugar de trabalho fixo) não é possível demonstrar com essa metodologia.
- **Identificação de trabalho noturno:** Ao se alocar o trabalho dos usuários, não é possível com essa metodologia identificar o trabalhar noturno e portanto não se tem essa inferência.

## 2.9 Framework de trabalho

Pode-se resumir o fluxo de trabalho explicitado até o momento de acordo com o seguinte fluxograma:

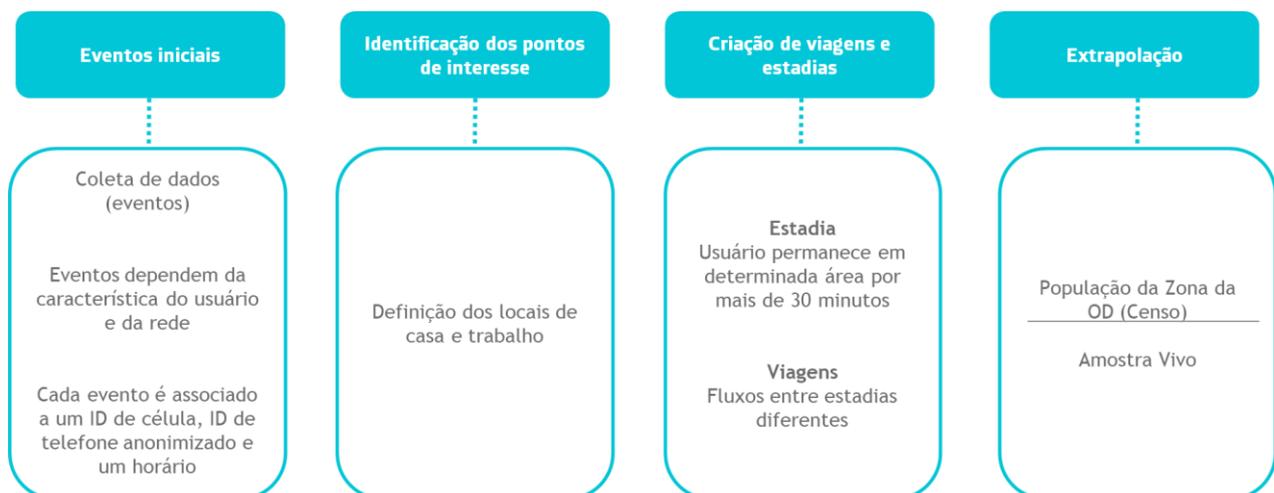


Figure 13 - Fluxograma de trabalho

### 3 Pré-Testes

A fim de validar a metodologia proposta foi definido uma etapa de testes, nessa etapa de testes ficou acordado utilizar o primeiro período de análises, sendo novembro de 2019 referente os dias de 1 a 20, nesse período há 2 feriados (02/11/2019 e 15/11/2019), 2 sábados, 3 domingos e 13 dias úteis. Na sequência será descrito o resumo de cada etapa de testes realizados até a validação final. No total foram realizados 4 testes até a conclusão e validação da metodologia, em cada teste foi solicitado um ajuste a fim de validar várias opções de metodologias e evitar possíveis vieses, assim sendo para cada teste realizado foi disponibilizado uma base para análise.

- *Teste 1*

Nessa primeira etapa de testes utilizou-se o zoneamento de áreas homogêneas de uma matriz OD gerada pela SEINFRA em 2012, o qual foi necessário realizar ajustes de agregações para que houvesse um nível de confiança satisfatório quanto as amostras de residentes em cada zona.

Para o primeiro teste tem-se uma metodologia a qual utiliza-se variáveis de idade e gênero do cadastro Telefônica para compor o fator de expansão conforme descrito em tal metodologia nesse relatório, assim como foi utilizado a renda do cadastro Telefônica para compor a faixas de salários mínimos definidas em conjunto entre SEINFRA e Telefônica. Nessa etapa utilizou-se o tempo de permanência na origem e no destino das viagens em 15 minutos.

Foi utilizado na variável "motivo", o motivo da viagem somente no destino de cada viagem medida. Com esse método tem-se uma granularidade menor e consequentemente há mais registros com volumes maiores que 10.

Com esse resumo de testes foi disponibilizado a base da Matriz OD chamada "dados\_seinfra\_od\_rmbh.csv".

- *Teste 2*

Na segunda etapa de testes foi identificado que o zoneamento utilizado no teste 1 havia algumas inconsistências, que são algumas feições contendo multipartes, foi analisado o impacto na geração da matriz, e o impacto com esse zoneamento não foi significativo. Foi realizado a correção do zoneamento para executar novos testes.

Foi identificado a diferença entre as distribuição de renda censo e distribuições de renda Telefônica expandida, especialmente para a faixa de renda "Ate 1", a qual na distribuição Telefônica é bem menor que a distribuição censo. Foi explicado que as duas distribuições são diferentes, cada qual tem suas vantagens. Ao se utilizar renda do censo é possível cruzar com diversas bases que utilizam o censo como ponto de comparação. E ao se utilizar a renda Telefônica, é possível ter uma visão de mobilidade do que ocorre naquele período de estudo, o qual é uma amostra mais atualizada para um período específico. A inferência de renda pelo censo pode ser realizada a posteriori com os dados disponibilizados no produto final.

A fim de avaliar o motivo das viagens também na origem, a matriz foi ajustada contendo o motivo na origem e no destino das viagens medidas, com tal ação obteve-se um impacto na quantidade de viagens medidas, devido a granularidade aumentar os registros com volumes menores que 10 aumentaram, consequentemente houve uma redução no volume total de viagens medidas no período.

Nessa etapa foi visto o alto volume de viagens curtas, o que estava além das expectativas da SEINFRA. Foi explicado que, como há uma massa de dados muito maior, a quantidade de viagens medidas são expressivas, refletindo a mobilidade populacional. Para minimizar o volume alto de viagens curtas foi solicitado um teste onde o tempo de permanência considerado de 15 minutos fosse alterado para 1 hora, tanto na origem quanto no destino, após utilizar desse parâmetro para qualificação das viagens, foi constatado uma redução de aproximadamente 30% no volume total de viagens medidas. Foi sugerido que o tempo de permanência não deveria ser alterado, por acarretar em um impacto no índice de mobilidade.

Com ajustes realizados nessa etapa foi disponibilizado uma base chamada “dados\_seinfra\_od\_rmbh\_v1.csv”.

- *Teste 3*

No teste 3 a SINFRA identificou algumas zonas que não ficaram bem distribuídas, e foi compartilhado um novo arquivo de área homogêneas com a Telefônica para realizar novas agregações de zonas baseadas nas novas áreas homogêneas que estavam melhor distribuídas.

Para esse teste foi realizado ajuste nas faixas de renda conforme descritivo a seguir:

1. Aplica-se a renda Telefônica individualmente aos usuários.
2. Soma-se o peso dos usuários por zona de tráfego agrupando-se pela faixa de renda Telefônica.
3. Compara-se a distribuição de renda dos usuários Telefônica com o censo\*
4. Mantendo-se a população de cada zona de tráfego constante, normaliza-se os pesos para que distribuição de renda Telefônica coincida com a distribuição do censo.

Foi sugerido para não utilizar esse método devido a vieses não identificados, uma vez que as duas distribuições são distintas, cada qual com suas vantagens e desvantagens.

Não foi utilizado novo zoneamento ajustado nessa etapa.

Com esse ajuste foi disponibilizado uma base chamada “dados\_seinfra\_od\_rmbh\_v2.csv”.

- *Teste 4*

Após realizar os ajustes no zoneamento mencionado no “Teste 3”, o mesmo foi utilizado para gerar essa nova versão da Matriz com novos ajustes, conforme será descrito a seguir.

Após análises dos testes realizados anteriormente, foi visto que ao executar a metodologia com tempo de permanência em 15 minutos na origem e no destino, o número de viagens com motivo envolvendo "outros" ficaram bastante expressivos, por esse motivo a fim de minimizar o impacto desse motivo, escolheu-se utilizar o tempo de permanência em 30 minutos na origem e no destino, o que ocasionou um ganho nos motivos envolvendo "residência" e "trabalho/estudo". Houve um impacto na redução de viagens mas não tão expressivo quanto ao se utilizar 1 hora de permanência.

Nessa etapa foi definido utilizar a distribuição de renda Telefônica, pois conforme já demonstrado a principal vantagem é poder visualizar uma distribuição de renda mais aderente ao período de análise.

Também foi analisado que, para a distribuição de renda, há uma mudança temporal quanto a essa distribuição, uma vez que há fatores que impactam diretamente, como o caso do valor do salário mínimo no ano vigente, assim como a mudança de renda de algumas classes trabalhadoras.

Com todas as definições realizadas foi disponibilizada uma última base ajustada chamada “dados\_seinfra\_od\_rmbh\_v3.csv”.

- *Conclusão dos testes*

Após todos os ajustes realizados durante os testes e metodologia validada, foi definido o segundo período de análise, como sendo maio de 2021, referente aos dias de 1 a 20.

Após a base do teste 4 ter sido validada, foi possível executar todo o processo fim a fim, o qual foi gerada a versão final da Matriz OD chamada "dados\_seinfra\_od\_rmbh\_v4.csv". Essa última base contém os dois períodos de análise definidos pela SEINFRA.

A fim de minimizar os grupos de pessoas com volumes menores que 10 o que se exclui da base por questões de segurança, foi disponibilizado uma base adicional com agregação por Origem, Destino e faixas horárias definidas em comum acordo entre SEINFRA e Telefonica, tais faixas horários foram definidas conforme sendo: '6:00 às 9:59', '10:00 às 14:59', '15:00 às 18:59', '19:00 às 22:59' e '23:00 às 05:59'. Essa base adicional se observa outros pares OD que haviam sido retirados devido ao volume ser menor que 10.

## 4 Resultados da Matriz OD RMBH Novembro de 2019 (01 a 20)

### 4.1. Resultados Gerais

Os resultados obtidos com os dados móveis são detalhados na sequência, onde haverá nesse tópico os resultados gerais consolidados para toda a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), durante o mês de novembro de 2019 (01 a 20). Como mencionado a matriz OD foi gerada com dados móveis, e essa matriz contém viagens encontradas entre as zonas de análises do estudo (toda RMBH), para essas viagens foram considerados deslocamentos acima de 500 metros para a população a partir de 18 anos, e essa população foi ajustada para o ano de 2019, conforme população estimada disponibilizada pelo IBGE.

De início, no gráfico a seguir há a distribuição de viagens por dia em média e os índices de mobilidade para cada tipo de dia considerado no estudo da matriz OD RMBH. Primeiramente, para contextualizar, os índices de mobilidade nada mais são que, a quantidade de viagens em média por habitante. Nessa distribuição cada tipo de dia tem um comportamento específico de mobilidade, como destaque o tipo de dia "Dia útil", onde o volume de viagens em média por dia é muito superior aos outros dias e conseqüentemente a taxa de mobilidade também é superior. Para conseguir as taxas de mobilidade, a população considerada em toda RMBH foi de 3.9M (público a partir de 18 anos e ajustada para a população estimada em 2019).

Análise de volume por dia e Índice de mobilidade  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

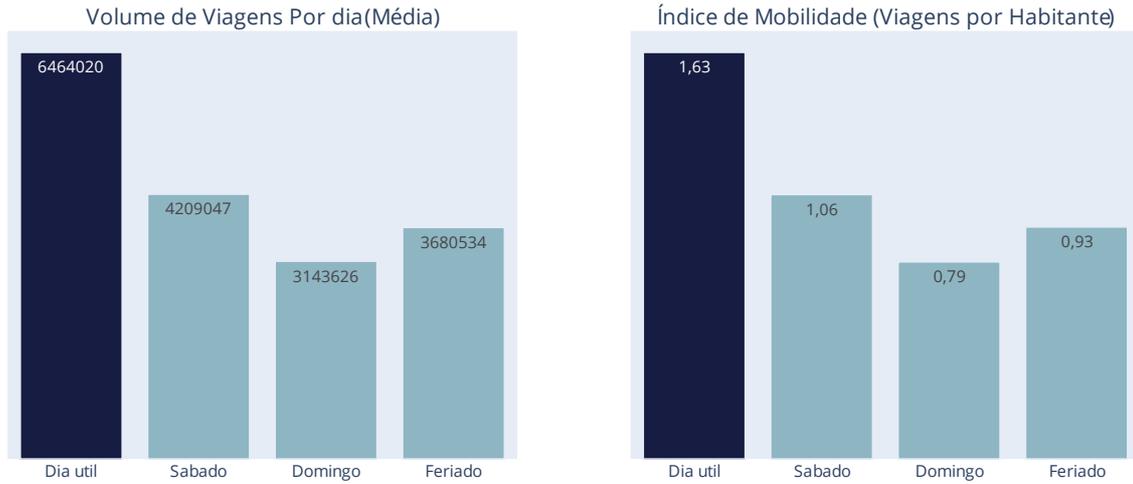


Figure 14

Na sequência há o gráfico que mostra a distribuição percentual de volume de viagens geradas em média por dia útil, em comparativo com a distribuição percentual da população maior de 18 anos. Há o destaque no público com faixa etária entre 18 e 29 anos, o qual sua representatividade no volume de viagens diárias é maior que as demais faixas etárias, e o mesmo é observado na distribuição da população.

Representatividade das Faixas de Idade na geração de viagens e na composição da população  
*(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019*

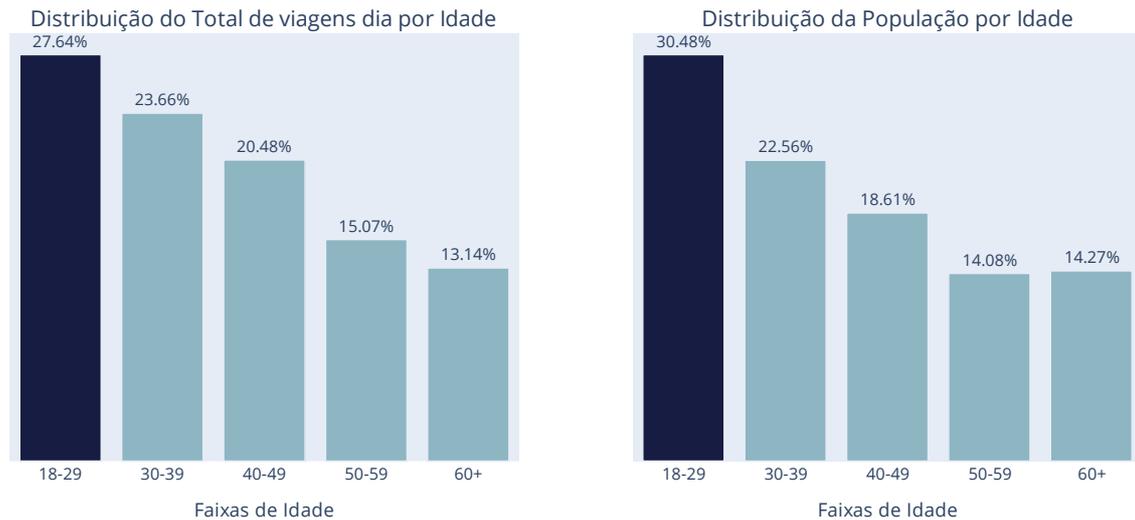


Figure 15

Para analisar o quanto as faixas etária são distintas, há o gráfico a seguir, que mostra o volume de viagens geradas em média por dia útil em cada faixa etária com a sua respectiva população. O público entre 18 e 39 anos demonstraram um comportamento de mobilidade menor do que o público entre 40 e 59 anos.

A título de curiosidade, segundo pesquisa realizada pelo IBGE no 4 trimestre de 2019, o público com faixa etária entre 18 e 39 anos representaram 66,1% do público desocupado, e o grupo de 40 a 59 anos representaram 23,1% do total de desocupados. (Fonte: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2421/pnact\\_2019\\_4tri.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2421/pnact_2019_4tri.pdf) (acessado em 12/05/2021 as 17:55))

### Volume de Viagens dia, População e Índice de Mobilidade por Faixa de Idade (Região Metropolitana de Belo Horizonte - novembro 2019)

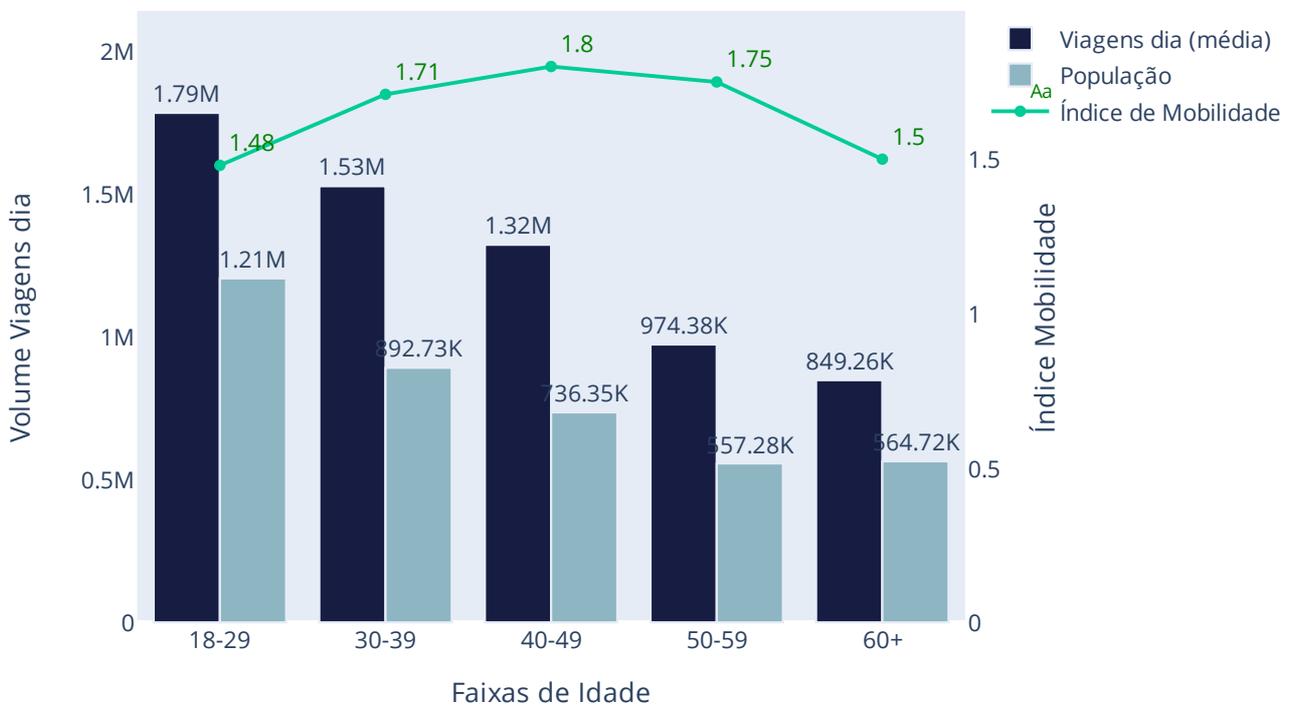


Figure 16

No gráfico a seguir são apresentadas as distribuições do total de viagens em média por dia útil, onde para os salários entre 1 e 3 salários mínimos representaram maioria no total de viagens geradas, assim como pode ser visto também na composição da população.

Representatividade dos Perfis Socioeconômicos na geração de viagens e na composição da população  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

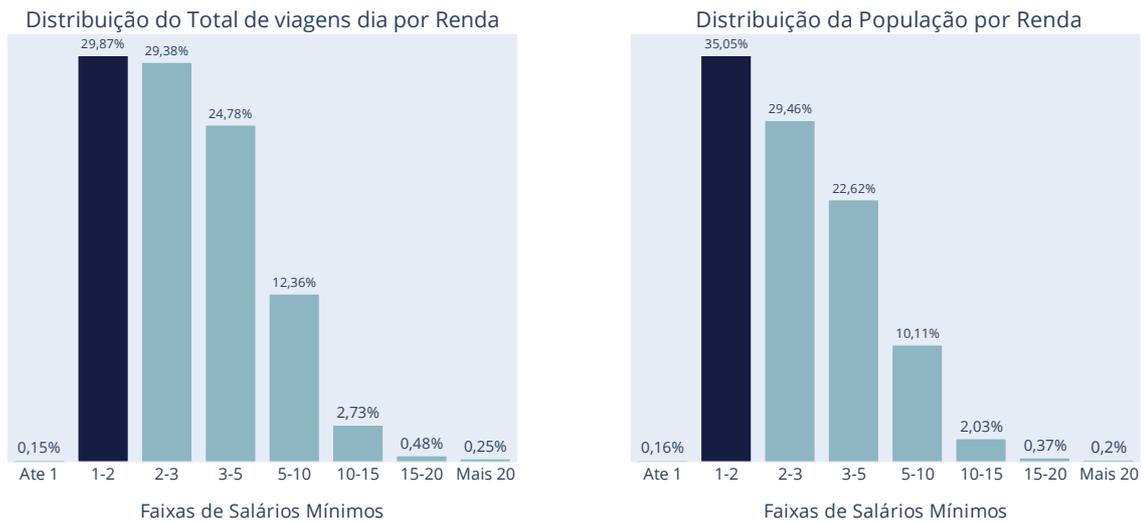


Figure 17

Seguindo com análise por faixa de renda no gráfico a seguir é informado o índice de mobilidade por cada faixa de renda, com essa análise se tem que a partir de 3 salários mínimos os índices de mobilidade estão acima de 1.6 viagens por habitante, e entre 1 e 3 salários mínimos geraram quase 4 milhões de viagens por dia útil.

### Volume de Viagens dia, População e Índice de Mobilidade por Faixa de Renda (Região Metropolitana de Belo Horizonte - novembro 2019)

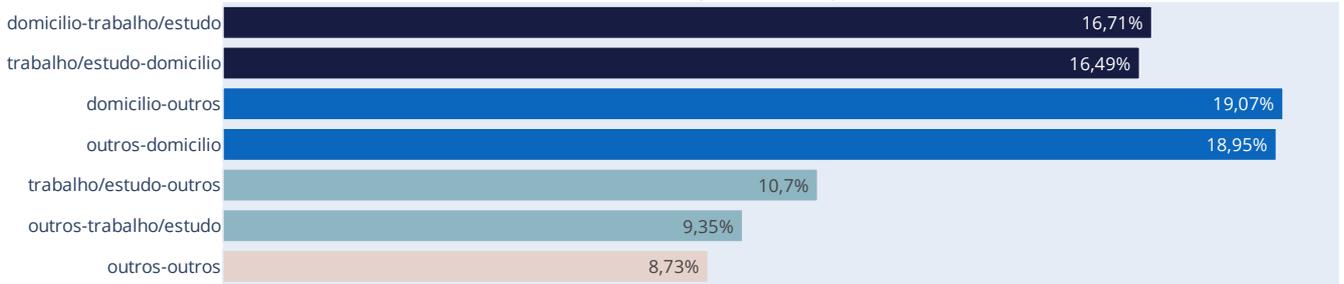


Figure 18

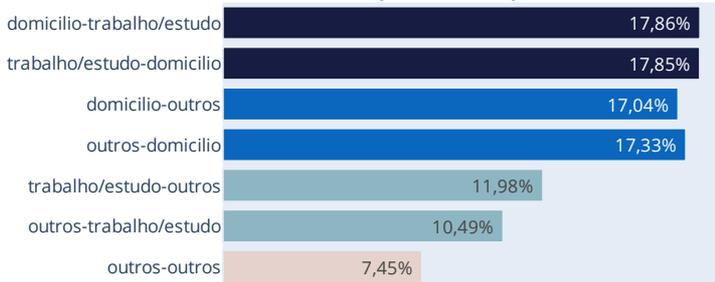
A seguir há a distribuição de viagens geradas por motivo em cada um dos tipos de dias, e tem-se que os motivos "domicilio-trabalho/estudo" e "trabalho/estudo-domicilio" tem maior relevância em dias úteis, esses mesmos motivos nos demais tipos de dia estão bem abaixo dos motivos "domicilio-outros" e "outros-domicilio".

Volume de Viagens Por Motivo  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

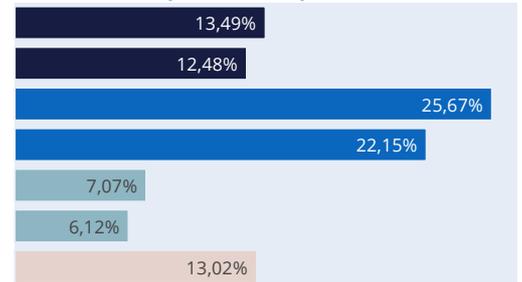
Distribuição em relação ao Total



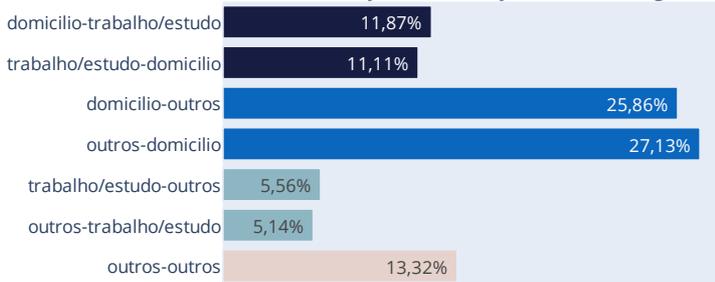
Distribuição em relação ao Dia Útil



Distribuição em relação ao Sábado



Distribuição em relação ao Domingo



Distribuição em relação ao Feriado

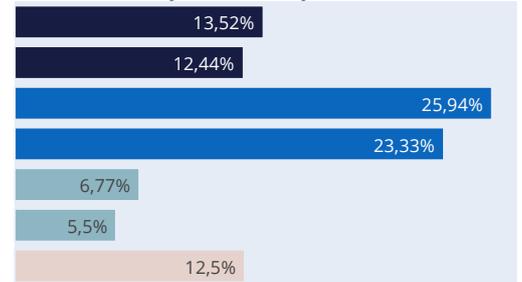


Figure 19

## 4.2. Cruzamentos

Para entender melhor o comportamento na geração de viagens, há no gráfico a seguir a distribuição no tempo durante o dia em média para cada tipo de dia abordado nessa matriz OD. Cada tipo de dia ao longo de seus dias tem distintas distribuições, em dia útil há um volume maior de viagens se comparado aos outros tipos de dia, assim como ranges horários com picos maiores como no período da manhã (das 7 às 9 horas) por volta do meio dia e no período da tarde (das 15 às 18 horas). Aos sábados há uma distribuição similar ao dia útil porém com volumes inferiores ao dia útil.

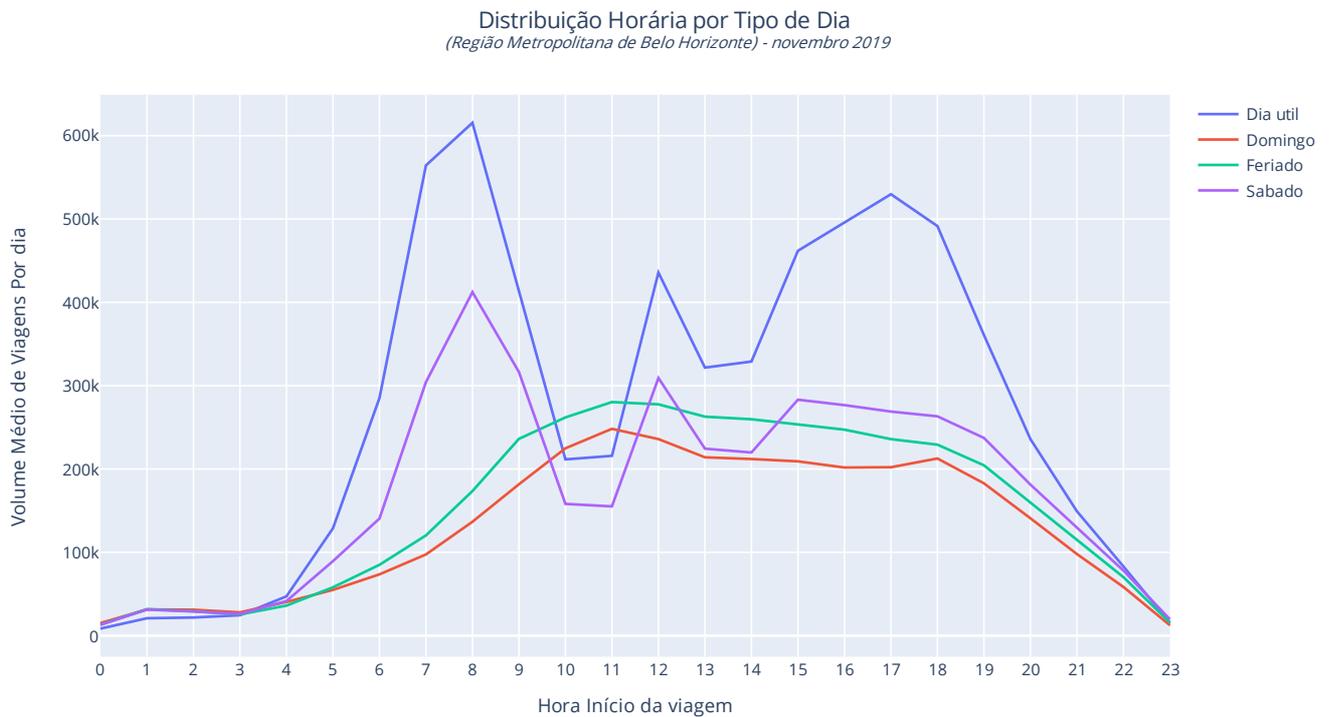


Figure 20

Considerando-se a relevância do dia útil, é realizado um zoom no dia útil no gráfico a seguir por motivo da viagem. Com isso, quando o motivo na origem é domicílio, os volumes maiores estão entre 7 e 9 horas e ocorre o oposto quando o destino é domicílio, onde os volumes são maiores entre 15 e 19 horas.

Distribuição Horária por Motivo em um Dia Útil  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

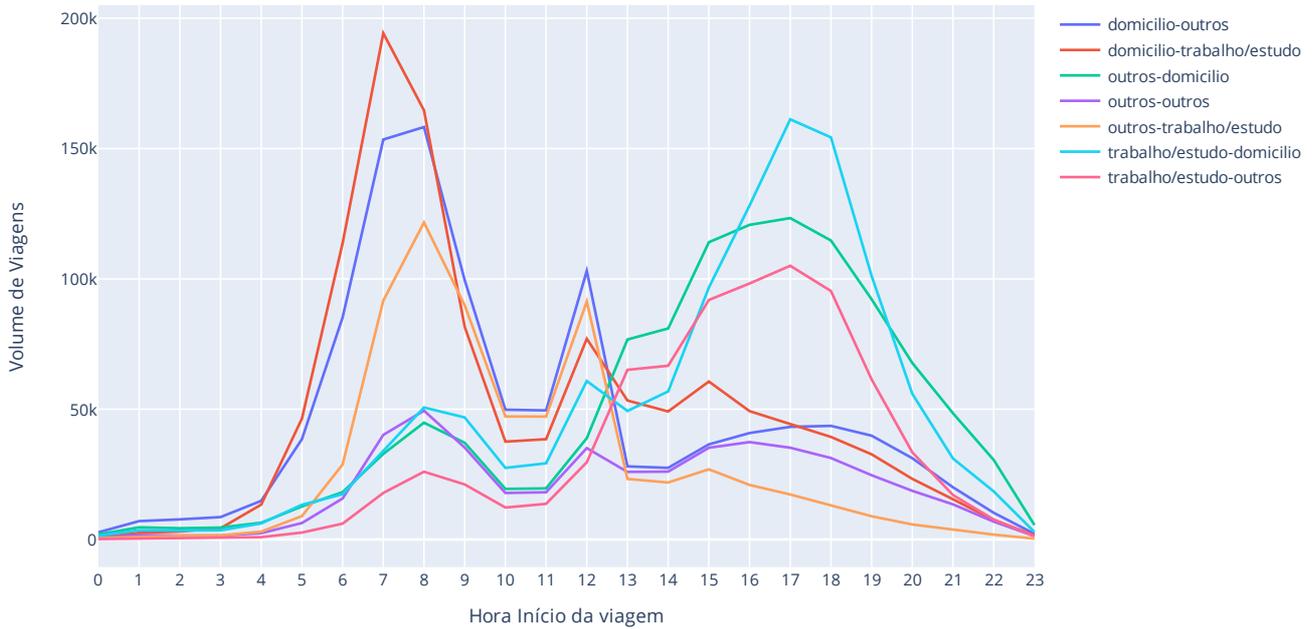


Figure 21

No heatmap a seguir é informado de forma mais clara em quais horários do dia os volumes são maiores em relação ao total de viagens medidas para os dias úteis segmentado por motivo da viagem.

Mapa de Calor por Faixa Horária e Motivo da Viagem em Média no Dia Útil(% Total)  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

domicílio-trabalho/estudo	0,01	0,04	0,05	0,07	0,21	0,72	1,76	3,01	2,55	1,26	0,58	0,6	1,19	0,82	0,76	0,94	0,76	0,69	0,61	0,51	0,36	0,24	0,12	0,02
trabalho/estudo-domicílio	0,02	0,05	0,05	0,05	0,1	0,21	0,27	0,53	0,78	0,72	0,43	0,45	0,94	0,76	0,88	1,5	1,98	2,49	2,39	1,56	0,86	0,48	0,29	0,04
domicílio-outras	0,04	0,11	0,12	0,13	0,23	0,6	1,32	2,37	2,45	1,54	0,77	0,77	1,59	0,43	0,43	0,56	0,63	0,67	0,67	0,62	0,48	0,31	0,16	0,03
outras-domicílio	0,03	0,07	0,07	0,07	0,1	0,2	0,28	0,51	0,69	0,57	0,3	0,3	0,6	1,19	1,25	1,76	1,87	1,91	1,77	1,43	1,05	0,75	0,47	0,09
trabalho/estudo-outras	0,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,09	0,28	0,4	0,33	0,19	0,21	0,46	1,01	1,03	1,42	1,52	1,62	1,47	0,95	0,52	0,26	0,12	0,02
outras-trabalho/estudo	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,14	0,45	1,42	1,88	1,39	0,73	0,73	1,41	0,36	0,34	0,42	0,32	0,27	0,2	0,14	0,09	0,06	0,03	0,0
outras-outras	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,1	0,24	0,62	0,76	0,55	0,28	0,28	0,54	0,4	0,4	0,54	0,58	0,54	0,48	0,38	0,29	0,21	0,11	0,02
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Figure 22

É necessário observar a distribuição dos motivos das viagens em cada faixa etária da população, para que se possa identificar a mobilidade em cada grupo etário, assim sendo no gráfico a seguir se observa que o motivo "domicilio-outros" e "outros-domicilio" ficam mais evidentes nos grupos etários. Há uma distribuição inesperada nesse caso, uma vez que se esperava uma maior variabilidade entre o público mais jovem e o público mais velho por motivo da viagem, tal distribuição inesperada pode estar relacionada a uma maior imobilidade da faixa etária maior, uma vez que em geral o público mais velho tende a não ter uma maior mobilidade do que o público mais jovem.

Distribuição Motivo por Faixa de Idade (% Total na Faixa de Idade)  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

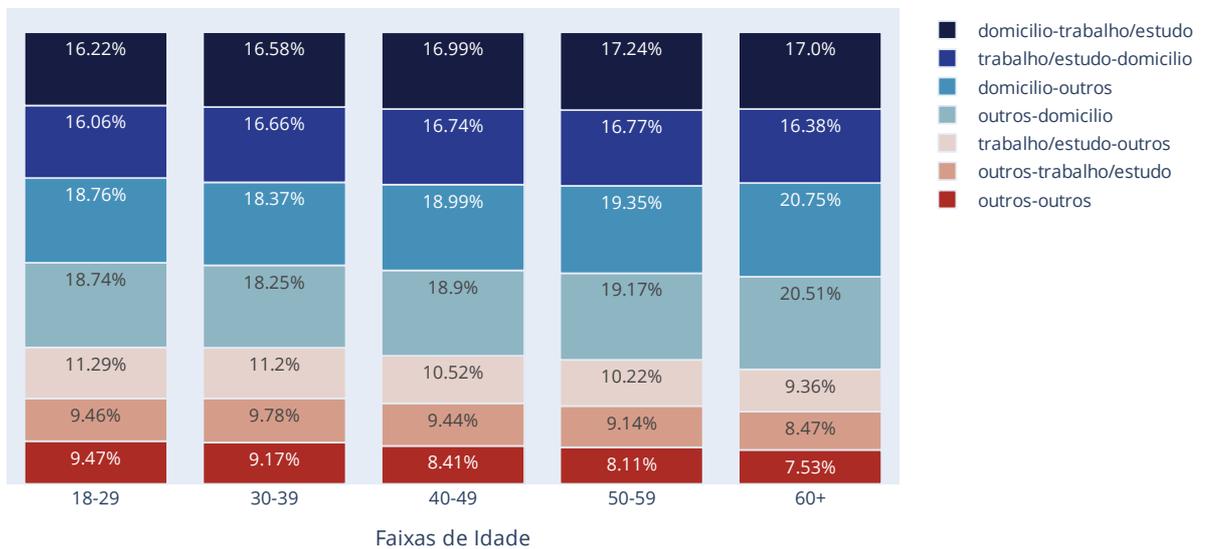


Figure 23

Da mesma forma que foi observado a distribuição por faixa etária nessa etapa observa-se as distribuições por faixa de renda da população por motivo das viagens, onde há para as faixas de renda superior a 3 salários mínimos os motivos envolvendo "outros" ficam bem mais relevantes.

Distribuição Motivo por Renda (% Total na renda)

(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

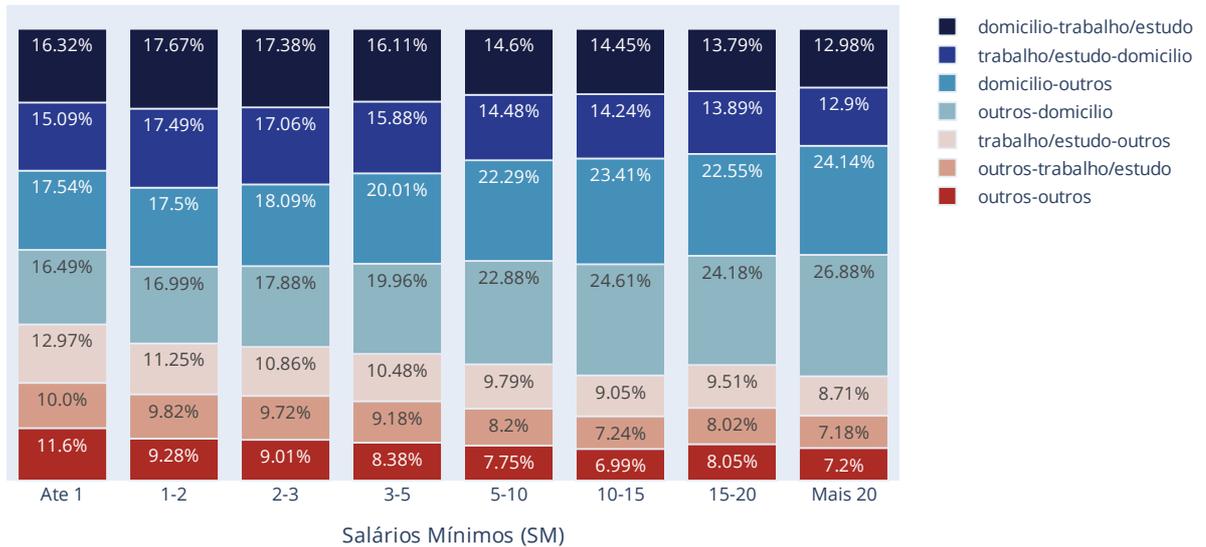


Figure 24

### 4.3. Análises de Municípios

Para melhor compreender os padrões de mobilidade dos municípios integrantes da RMBH, foi avaliado o índice de mobilidade em cada um, onde se observa no heatmap a seguir alguns municípios de destaque como o caso de Brumadinho, Belo Horizonte, Caeté e entre outros, com os seus respectivos índices de mobilidade próximos ou superiores a 2 viagens por habitante.

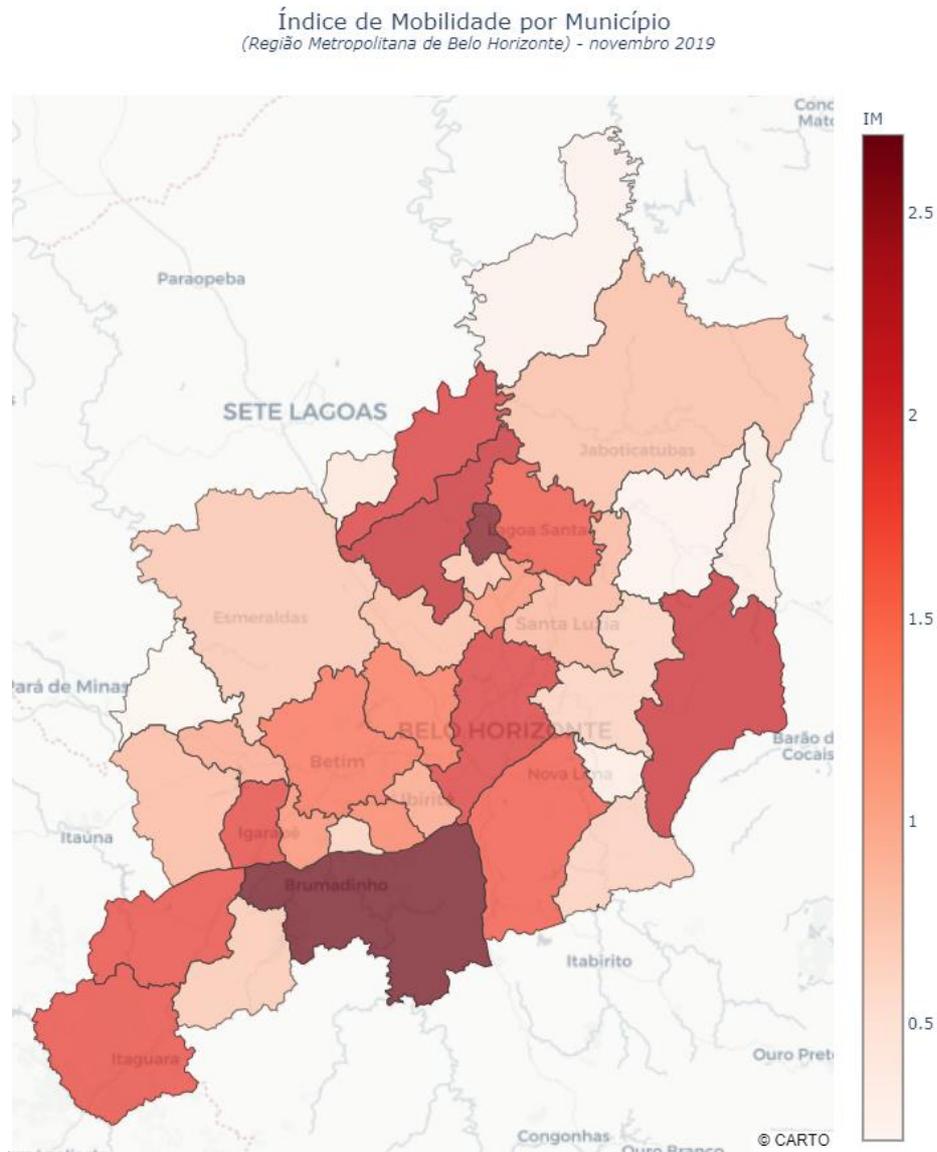


Figure 25

Foi avaliado no período o quanto da população para qual não foi detectada pelo menos uma viagem. Nesse caso, no mapa a seguir é observado o contraste com o mapa anterior, onde nesses mapas os tons mais escuros mostram taxa de imobilidade da população altas. No mapa anterior esses mesmos municípios tiveram índices de mobilidade muito baixos.

Taxa de Imobilidade por Município  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019

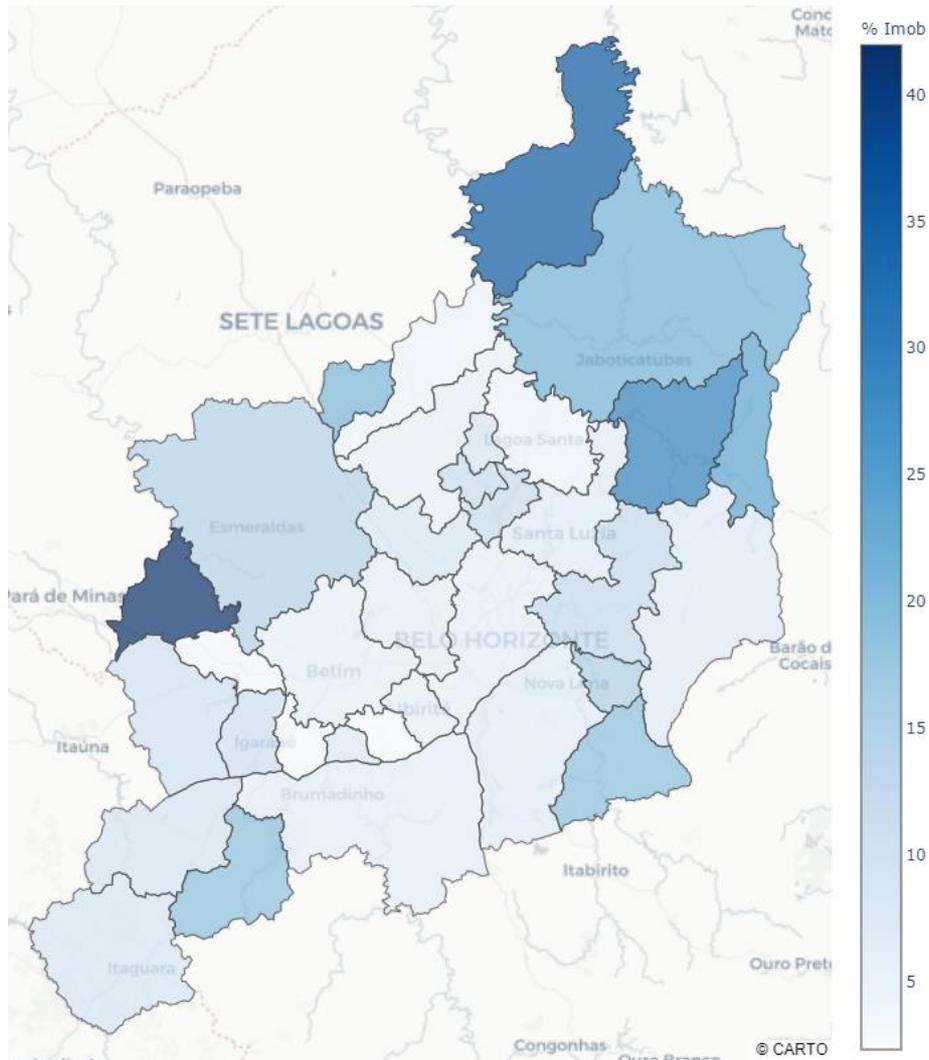


Figure 26

Nas duas tabelas a seguir se tem os 10 principais volumes de viagens intramunicipais e intermunicipais, e o município de Belo Horizonte tem destaque onde é o mais relevante em número de viagens intramunicipais, e está em 8 das 10 principais rotas de viagens intermunicipais.

**Viagens Intramunicipais - novembro 2019**  
10 Principais Municípios (viagens por dia)

	Viagens por Dia
Belo Horizonte<->Belo Horizonte	3291287
Contagem<->Contagem	464078
Betim<->Betim	351095
Ribeirão das Neves<->Ribeirão das Neves	106424
Santa Luzia<->Santa Luzia	92117
Pedro Leopoldo<->Pedro Leopoldo	75841
Nova Lima<->Nova Lima	67529
Ibirité<->Ibirité	67191
Vespasiano<->Vespasiano	62627
Caeté<->Caeté	62373

Figure 27

**Viagens Intermunicipais - novembro 2019**  
10 Principais Rotas (viagens por dia)

	Viagens por Dia
Belo Horizonte<->Contagem	348273
Belo Horizonte<->Ribeirão das Neves	135097
Betim<->Contagem	95276
Belo Horizonte<->Ibirité	86068
Belo Horizonte<->Sabará	83690
Belo Horizonte<->Santa Luzia	82204
Belo Horizonte<->Nova Lima	73948
Belo Horizonte<->Betim	56190
Belo Horizonte<->Vespasiano	48167
Contagem<->Ribeirão das Neves	33452

Figure 28

## 4.4. Linhas de Desejo

Em matrizes OD, um dos principais pontos a serem analisados são as linhas de desejo encontradas. Essas linhas mostram de forma mais intuitiva a mobilidade de fato ocorrida entre as zonas analisadas. Na sequência focamos a análise das linhas de desejo em dias úteis.

No mapa a seguir é observado um emaranhado de linhas de desejo, e observa-se todas as linhas de desejo encontradas na matriz OD da RMBH. E tem-se também nesse mapa que há linhas de desejo em destaques, devido ao alto volume de viagens medido entre as zonas envolvidas. Os principais destaques nas linhas de desejo foram volumes muito altos medidos em zonas próximas ou limítrofes, o que pode caracterizar outliers que deve ser analisado de forma separada.

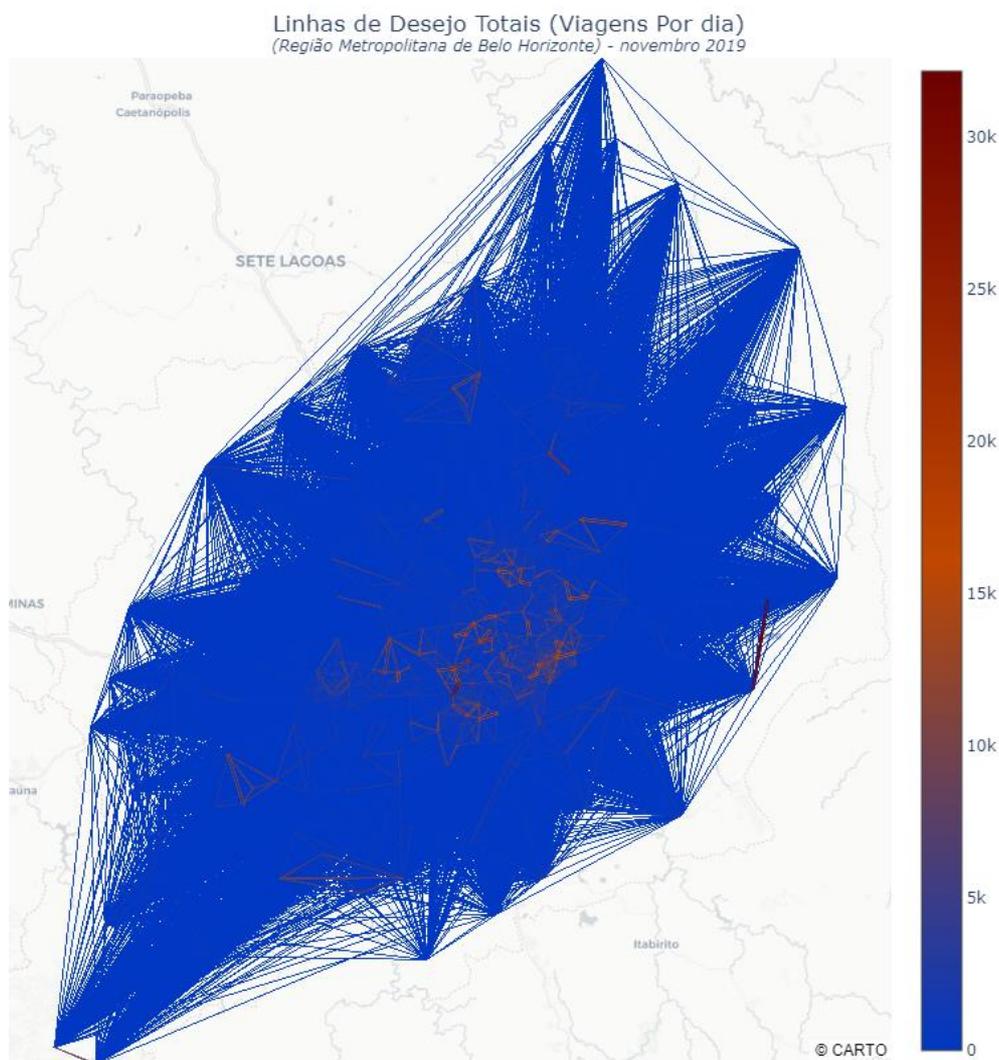


Figure 29

Após análise do mapa anterior, podemos realizar algumas segmentações no volume de viagens, a fim de entender a diferença de mobilidade em ranges de volumes medidos, evitando em alguns casos outliers, os quais devem ser avaliados separadamente ou até mesmo podendo serem retiradas da análise principal.

A seguir tem-se no mapa o primeiro range avaliado onde realizamos um filtro de até 1000 viagens medidas, retirando assim os volumes muito altos, e é observado nesse caso a grande relevância que o centro da RMBH tem no volume de viagens, o centro envolve principalmente a capital do estado de Minas Geais, município de Belo Horizonte. Também se nota as linhas de desejo mais relevantes conectando as extremidades ao centro.

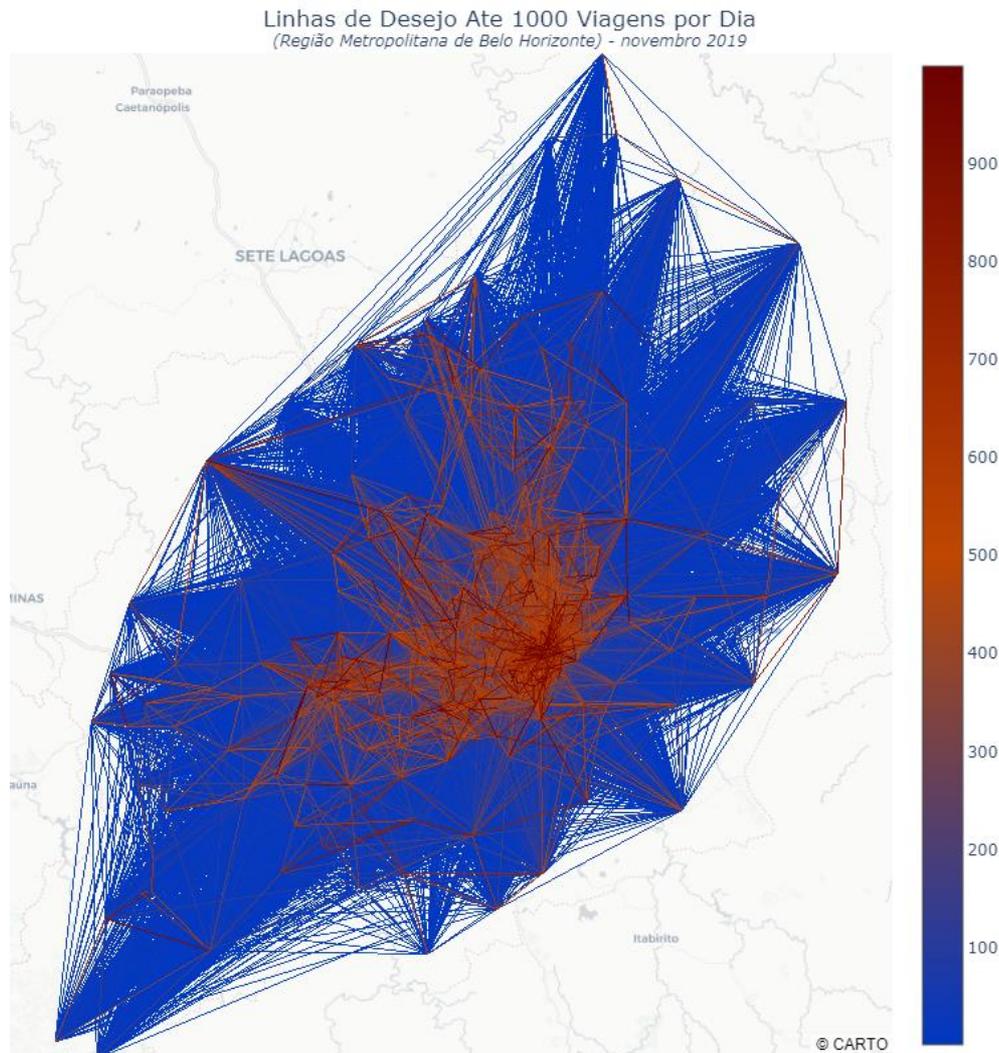


Figure 30



Nesse ponto são avaliadas todas as linhas de desejo com volumes a partir de 2500 viagens por dia em dias úteis, esses volumes identificados podem ser considerados outliers uma vez que estão com volumes muito altos se comparado ao restante das linhas de desejo identificadas na matriz OD.

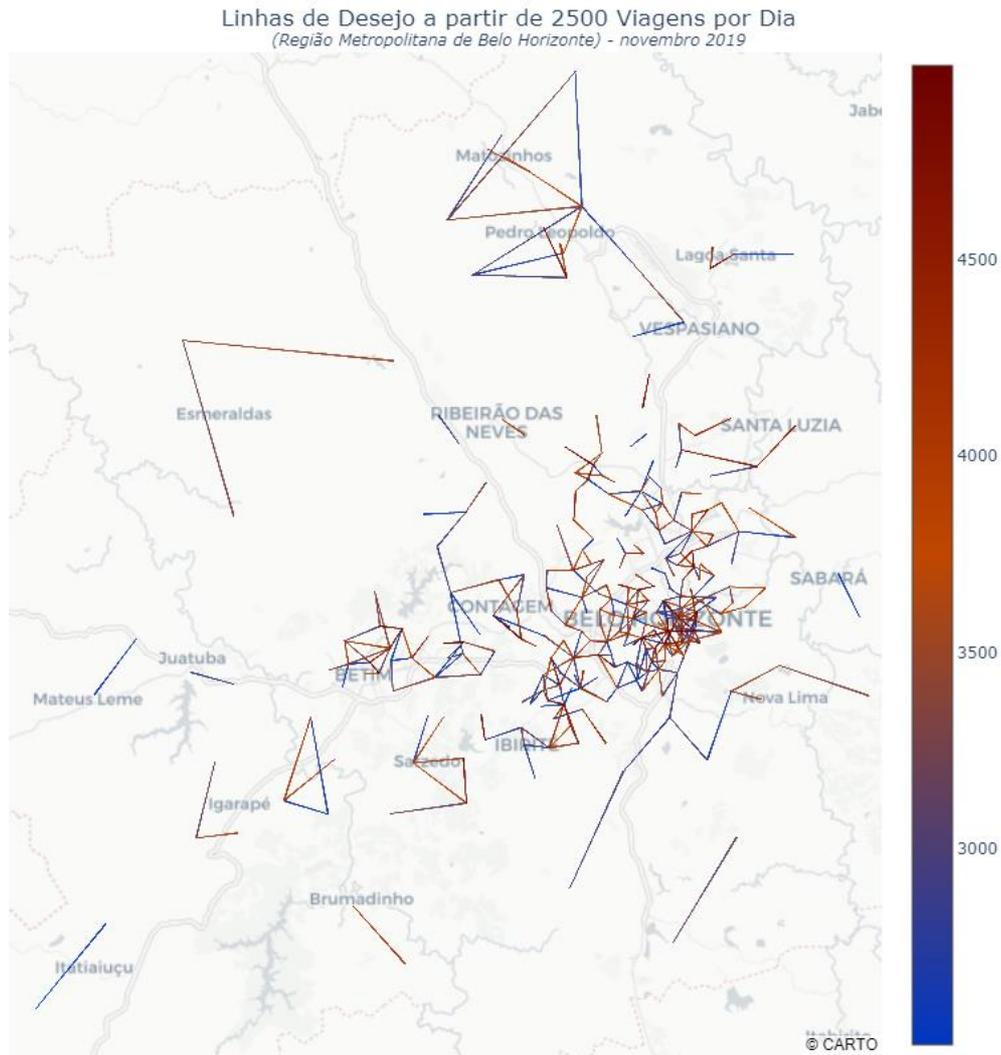


Figure 32

## 5 Resultados da Matriz OD RMBH Maio de 2021 (01 a 20)

### 5.1. Resultados Gerais

Os resultados obtidos com os dados móveis são detalhados na sequência, onde haverá nesse tópico os resultados gerais consolidados para toda a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) durante o mês de maio de 2021 (01 a 20). Como mencionado a matriz OD foi gerada com dados móveis, e essa matriz contém viagens encontradas entre as zonas de análises do estudo (toda RMBH). Para essas viagens foram considerados deslocamentos acima de 500 metros para a população a partir de 18 anos. Essa população foi ajustada para o ano de 2021, conforme população estimada disponibilizada pelo IBGE.

De início, no gráfico a seguir há a distribuição de viagens por dia em média e os índices de mobilidade para cada tipo de dia considerado no estudo da matriz OD RMBH. Conforme já mencionado anteriormente, os índices de mobilidade nada mais são que a quantidade de viagens em média por habitante. Nessa distribuição cada tipo de dia tem um comportamento específico de mobilidade, com destaque para, o tipo de dia "Dia útil", onde o volume de viagens em média por dia é muito superior aos outros dias e consequentemente a taxa de mobilidade também é superior. Para conseguir as taxas de mobilidade, a população considerada em toda RMBH foi de 3.9M (público a partir de 18 anos).

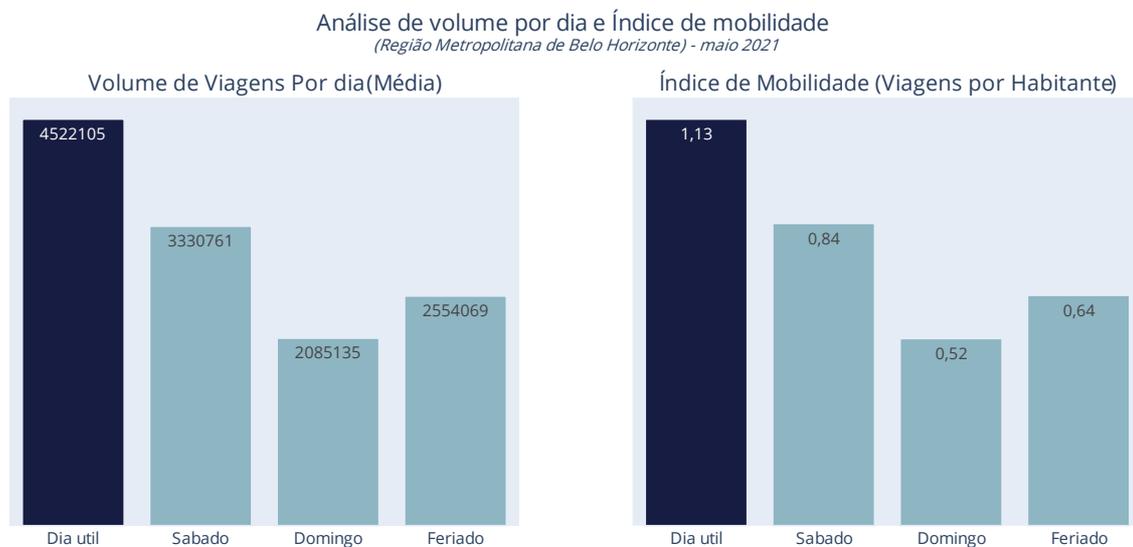


Figure 33

Na sequência há o gráfico que mostra a distribuição percentual de volume de viagens geradas em média por dia útil, em comparativo com a distribuição percentual da população maior de 18 anos. Há o destaque no público com faixa etária entre 18 e 29 anos, o qual sua representatividade no volume de viagens diária é maior que as demais faixas etárias, e o mesmo é observado na distribuição da população.

Representatividade das Faixas de Idade na geração de viagens e na composição da população  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

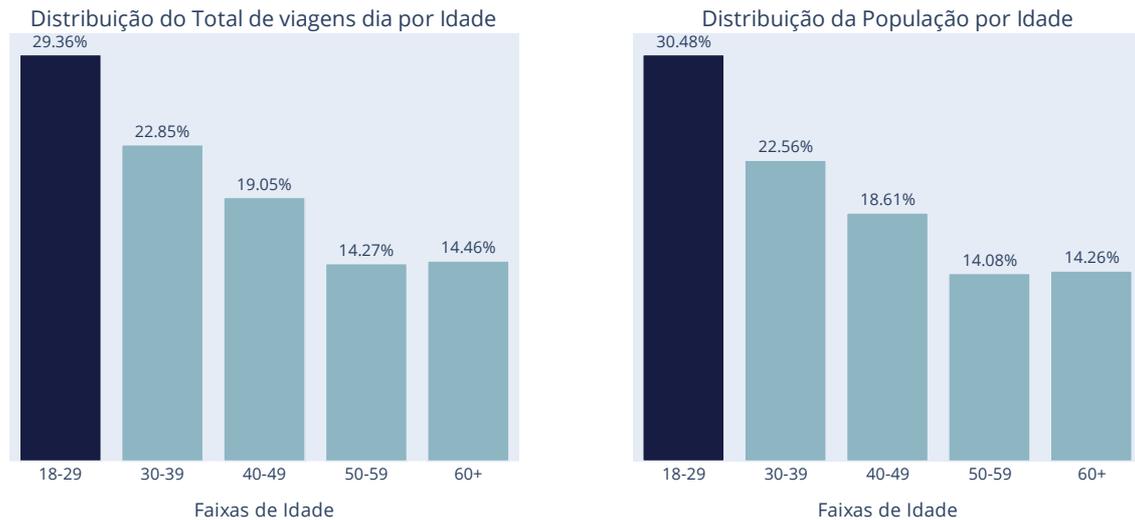


Figure 34

Para analisar o quanto as faixas etárias são distintas, há o gráfico a seguir, que mostra o volume de viagens geradas em média por dia útil em cada faixa etária com a sua respectiva população. O público entre 18 e 29 anos demonstrou um comportamento de mobilidade menor do que o público a partir de 30 anos, resultado inesperado, esperava-se que o público mais jovem tivessem tido uma maior mobilidade.

### Volume de Viagens dia, População e Índice de Mobilidade por Faixa de Idade (Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

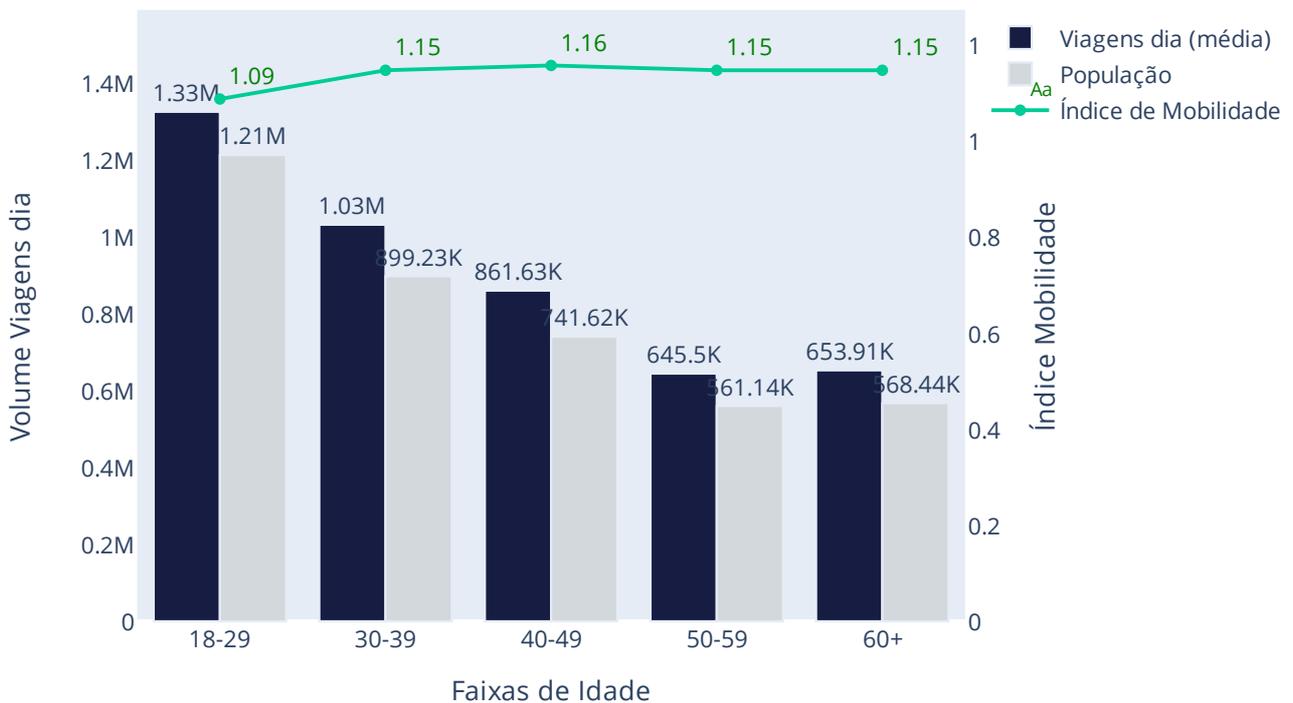


Figure 35

No gráfico a seguir são apresentadas as distribuições do total de viagens em média por dia útil, onde para os salários entre 1 e 3 salários mínimos representaram maioria no total de viagens geradas, assim como pode ser visto também na composição sociodemográfica da população.

Representatividade dos Perfis Socioeconômicos na geração de viagens e na composição da população  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

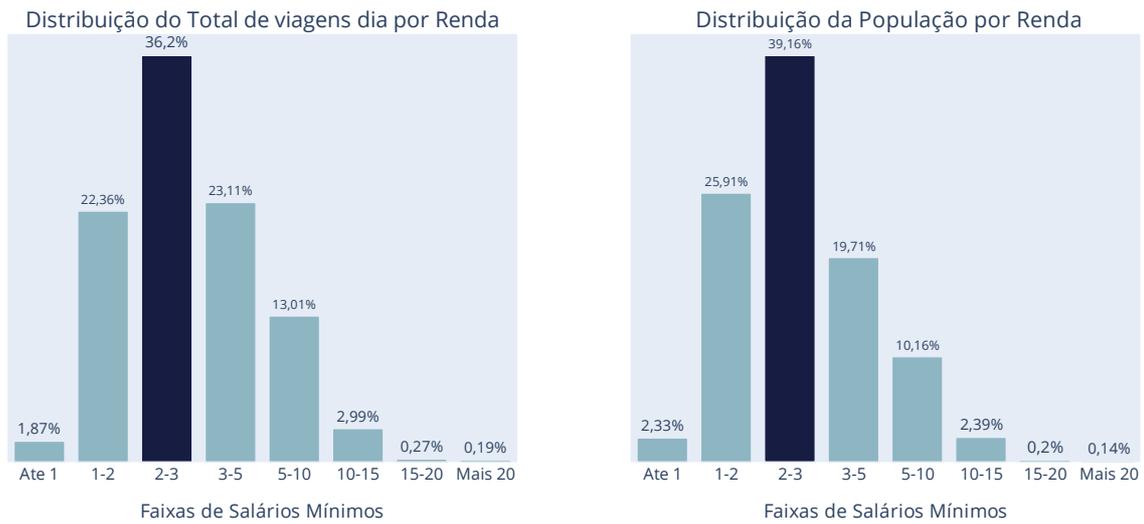


Figure 36

Seguindo com análise por faixa de renda, no gráfico a seguir é informado o índice de mobilidade por cada faixa de renda, com essa análise se tem que a partir de 5 salários mínimos os índices de mobilidade estão acima de 1.22 viagens por habitante, e entre 1 e 3 salários mínimos geraram quase 2.65 milhões de viagens por dia útil.

### Volume de Viagens dia, População e Índice de Mobilidade por Faixa de Renda (Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

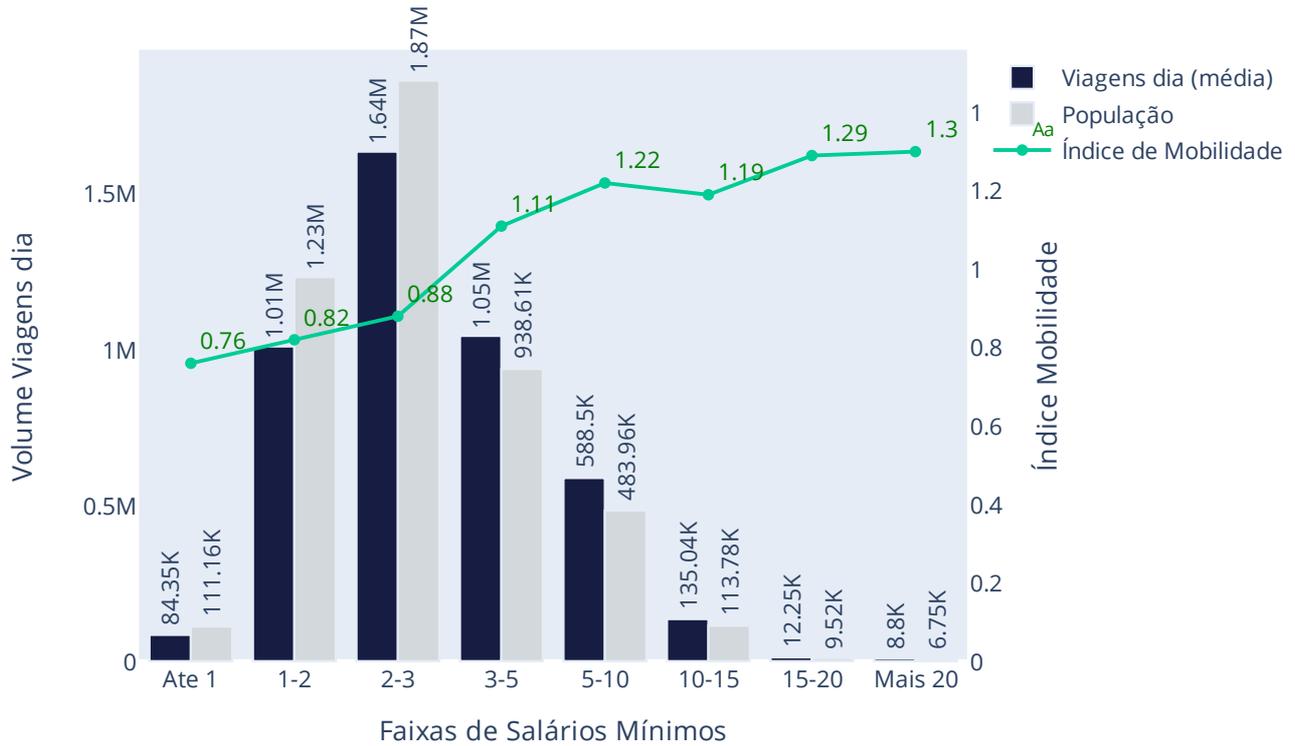
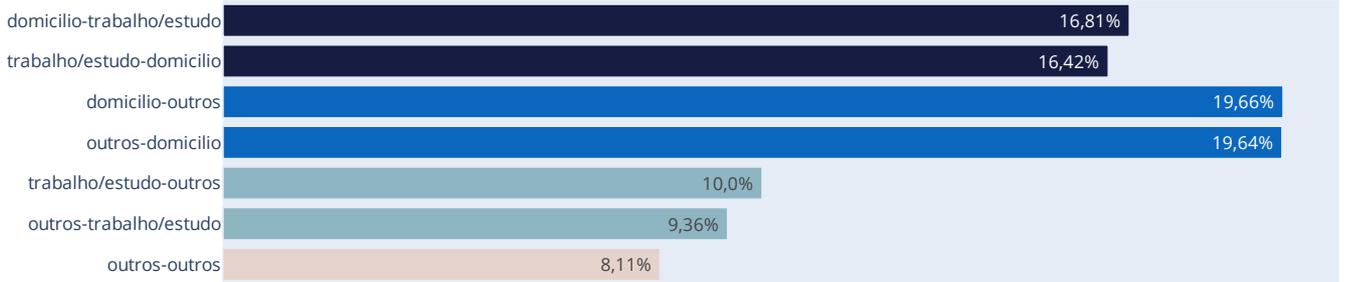


Figure 37

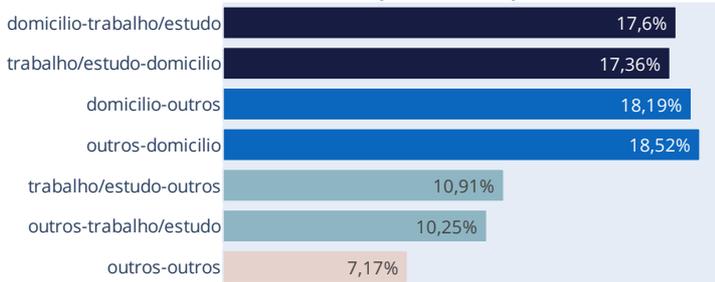
A seguir há a distribuição de viagens geradas por motivo em cada um dos tipos de dias, e tem-se que os motivos "domicilio-trabalho/estudo" e "trabalho/estudo-domicilio" tem maior relevância em dias úteis, esses mesmos motivos nos demais tipos de dia estão bem abaixo dos motivos "domicilio-outros" e "outros-domicilio".

**Volume de Viagens Por Motivo**  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

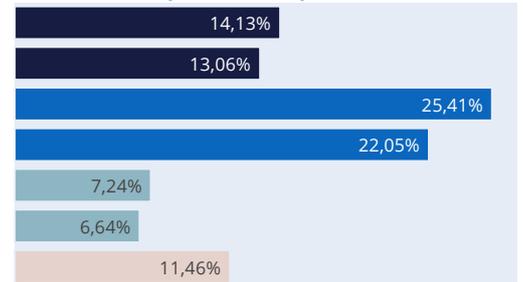
Distribuição em relação ao Total



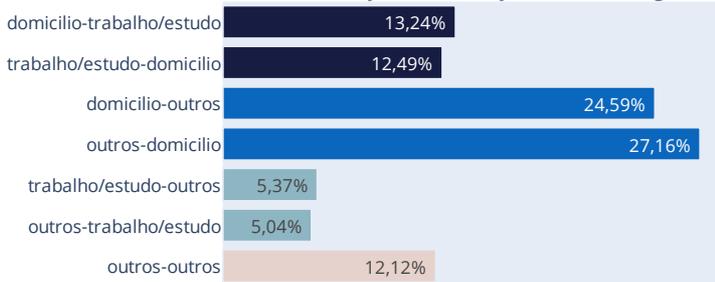
Distribuição em relação ao Dia Útil



Distribuição em relação ao Sábado



Distribuição em relação ao Domingo



Distribuição em relação ao Feriado

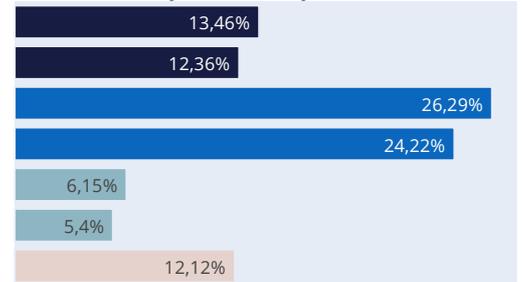


Figure 38

## 5.2. Cruzamentos

Para entender melhor o comportamento na geração de viagens, há no gráfico a seguir a distribuição horária durante o dia em média para cada tipo de dia abordado nessa matriz OD. Cada tipo de dia ao longo de seus dias tem distintas distribuições, em dia útil há um volume maior de viagens se comparado aos outros tipos de dia, assim como ranges horários com picos maiores como no período da manhã (das 6 às 9 horas) por volta do meio dia e no período da tarde (das 15 às 18 horas). Aos sábados há uma distribuição similar ao dia útil porém com volumes inferiores ao dia útil.

Distribuição Horária por Tipo de Dia  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

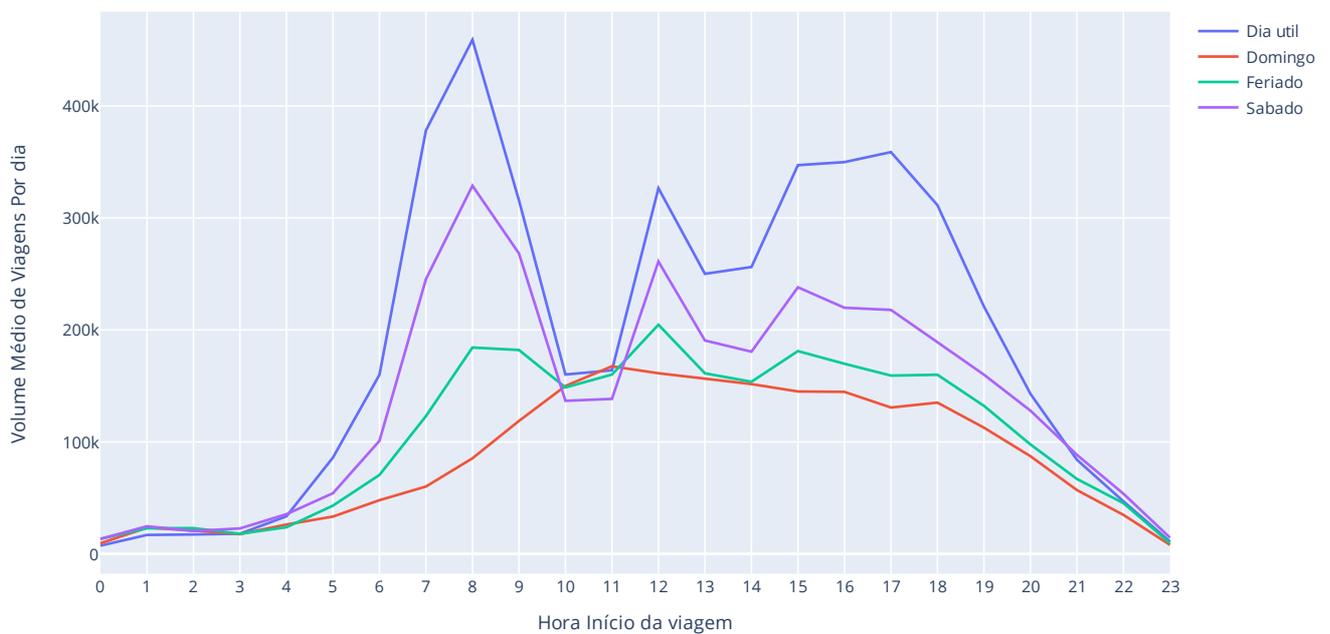


Figure 39

Avaliando a relevância do dia útil, é realizado um zoom no dia útil no gráfico a seguir por motivo da viagem, quando o motivo na origem é domicílio, os volumes maiores estão entre 7 e 9 horas, e ocorre o oposto quando o destino é domicílio onde os volumes são maiores entre 15 e 19 horas.

Distribuição Horária por Motivo em um Dia Útil  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

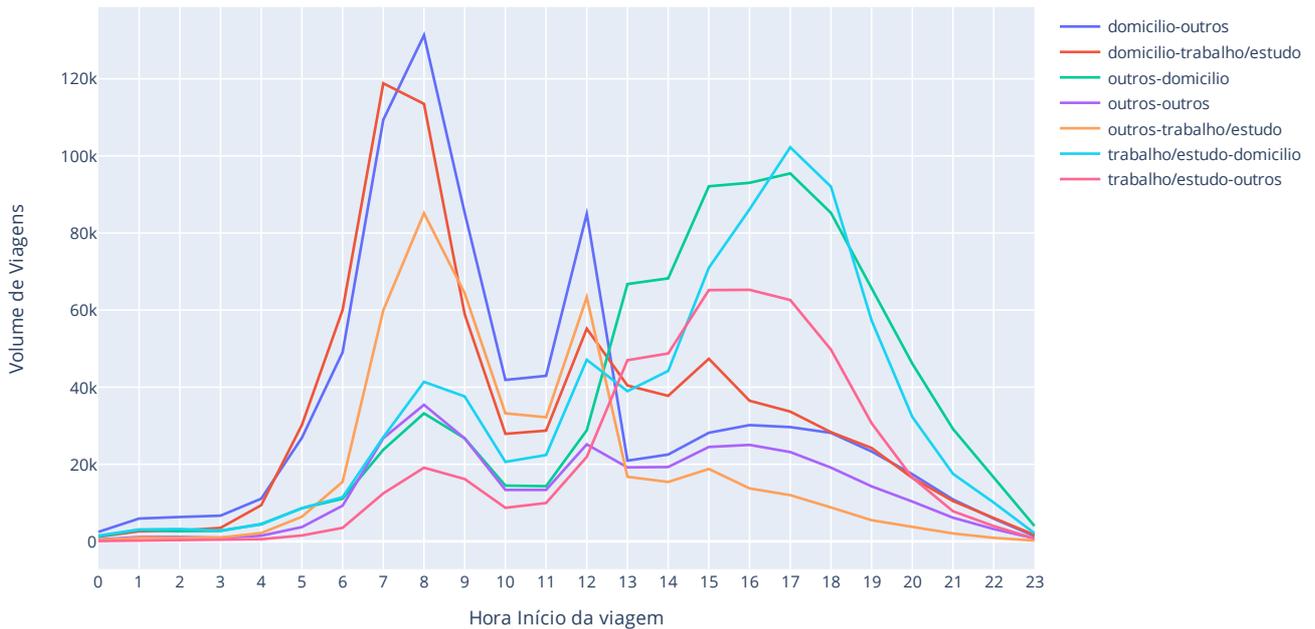


Figure 40

No heatmap a seguir é informado de forma mais clara em quais horários do dia os volumes são maiores em relação ao total de viagens medidas para os dias úteis segmentado por motivo da viagem.

Mapa de Calor por Faixa Horária e Motivo da Viagem em Média no Dia Útil(% Total)  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

domicílio-trabalho/estudo	0,03	0,06	0,06	0,08	0,21	0,67	1,33	2,63	2,51	1,3	0,62	0,64	1,22	0,89	0,83	1,05	0,81	0,74	0,63	0,54	0,36	0,23	0,13	0,04
trabalho/estudo-domicílio	0,03	0,07	0,07	0,06	0,1	0,19	0,25	0,6	0,92	0,83	0,46	0,5	1,04	0,86	0,98	1,57	1,9	2,26	2,03	1,27	0,71	0,39	0,22	0,05
domicílio-outras	0,05	0,13	0,14	0,15	0,24	0,59	1,09	2,42	2,9	1,88	0,93	0,95	1,88	0,46	0,5	0,62	0,67	0,66	0,62	0,52	0,39	0,24	0,13	0,03
outras-domicílio	0,03	0,07	0,06	0,06	0,1	0,19	0,25	0,53	0,73	0,59	0,32	0,32	0,64	1,48	1,51	2,04	2,06	2,11	1,88	1,45	1,02	0,64	0,37	0,09
trabalho/estudo-outras	0,0	0,0	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,28	0,42	0,36	0,19	0,22	0,48	1,04	1,08	1,44	1,44	1,38	1,1	0,68	0,37	0,17	0,09	0,02
outras-trabalho/estudo	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	0,14	0,34	1,33	1,88	1,42	0,73	0,71	1,4	0,37	0,34	0,42	0,3	0,27	0,19	0,12	0,08	0,05	0,02	0,0
outras-outras	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,08	0,21	0,59	0,78	0,59	0,3	0,3	0,56	0,42	0,43	0,54	0,55	0,51	0,42	0,32	0,23	0,14	0,07	0,02
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Figure 41

É necessário observar a distribuição dos motivos das viagens em cada faixa etária da população, para que se possa identificar a mobilidade em cada grupo etário, assim sendo no gráfico a seguir se observa que o motivo "domicilio-outros" e "outros-domicilio" ficam mais evidentes nos grupos etários. Nesse caso acontece o mesmo efeito medido em novembro de 2019, esperava-se que o público mais velho tivesse uma distribuição diferente do medido, e pode estar relacionado a imobilidade desse público.

Distribuição Motivo por Faixa de Idade (% Total na Faixa de Idade)  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

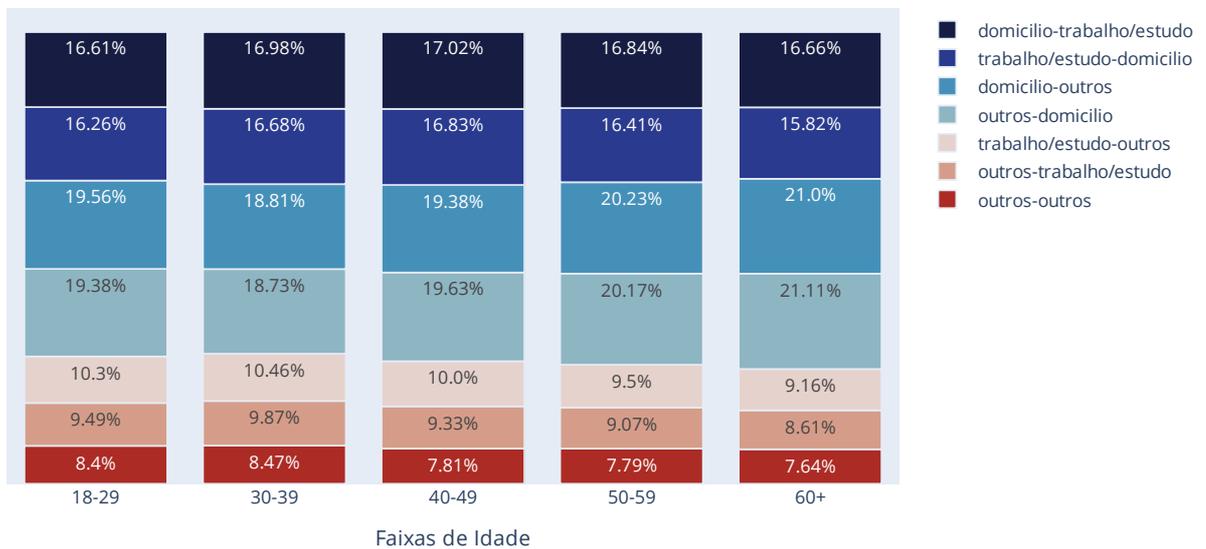


Figure 42

Da mesma forma que foi observado a distribuição por faixa etária, nessa etapa observa-se as distribuições por faixa de renda da população por motivo das viagens, onde para as faixas de renda superior a 3 salários mínimos os motivos envolvendo "outros" ficam bem mais relevantes.

Distribuição Motivo por Renda (% Total na renda)  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

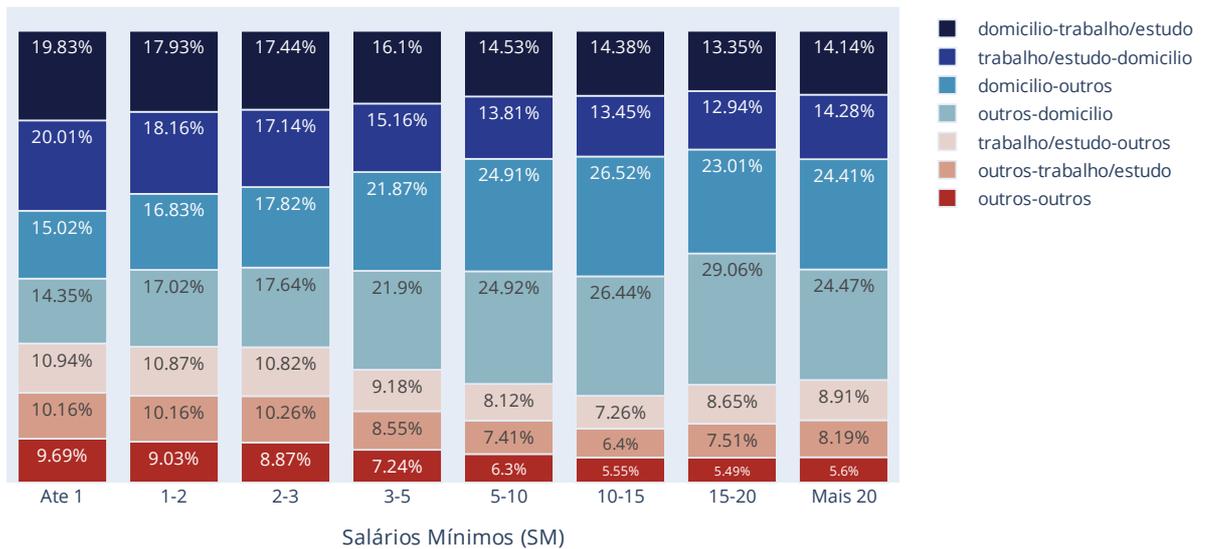


Figure 43

### 5.3. Análises de Municípios

Para entender um pouco da mobilidade em cada município envolvido na RMBH, foi avaliado o índice de mobilidade em cada um, onde se observa no heatmap a seguir alguns municípios de destaque como o caso de Brumadinho, Belo Horizonte, Caeté e entre outros com os seus respectivos índices de mobilidade próximo ou superior a 1.5 viagens por habitante.

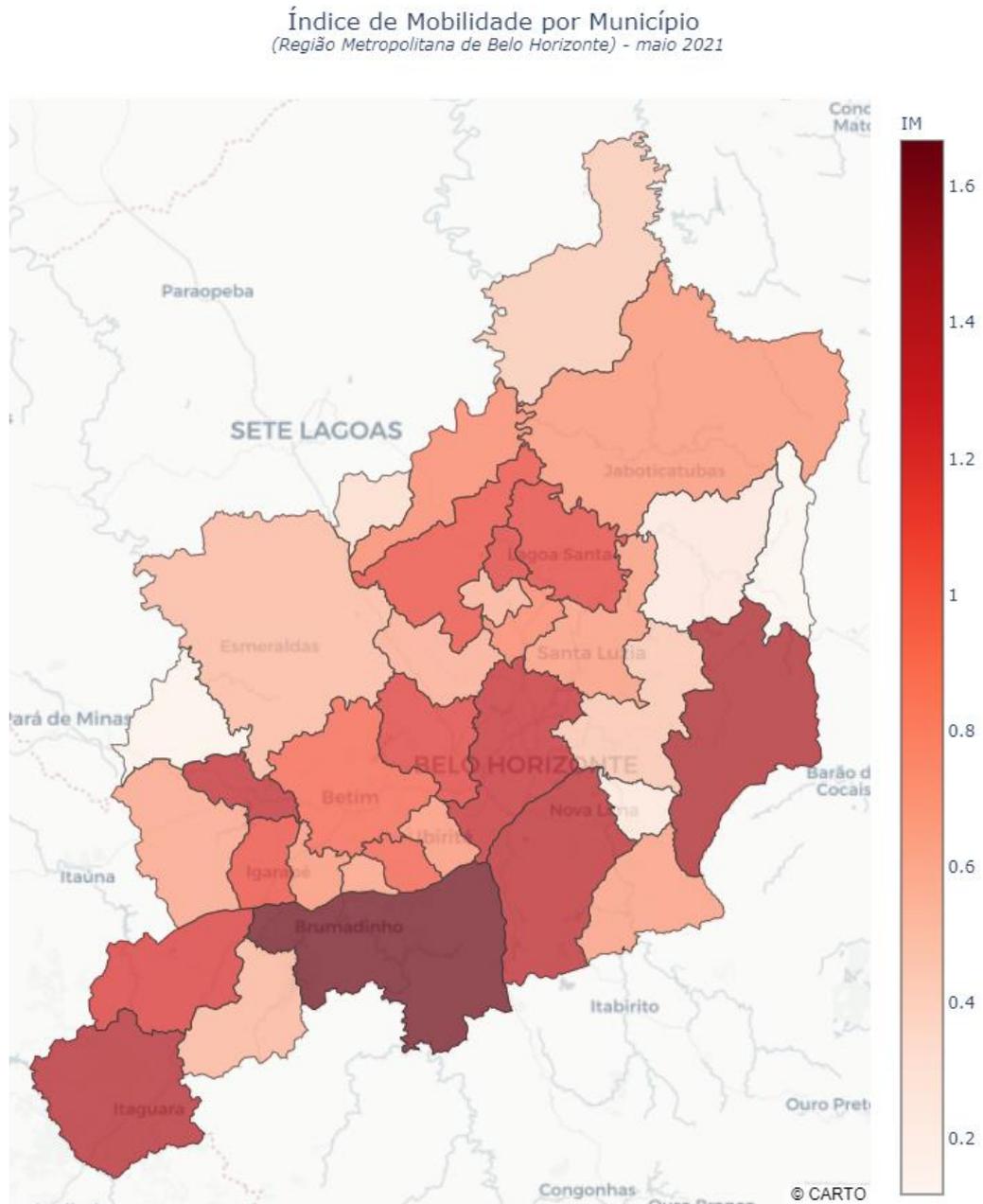


Figure 44

Foi avaliado no período o quanto da população que não foi detectada pelo menos uma viagem. Nesse caso no mapa a seguir é observado o contraste com o mapa anterior, onde nesse mapa os tons mais escuros mostram taxa de imobilidade da população altas, no anterior esses mesmos municípios tiveram índices de mobilidade muito baixos.

Taxa de Imobilidade por Município  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - maio 2021

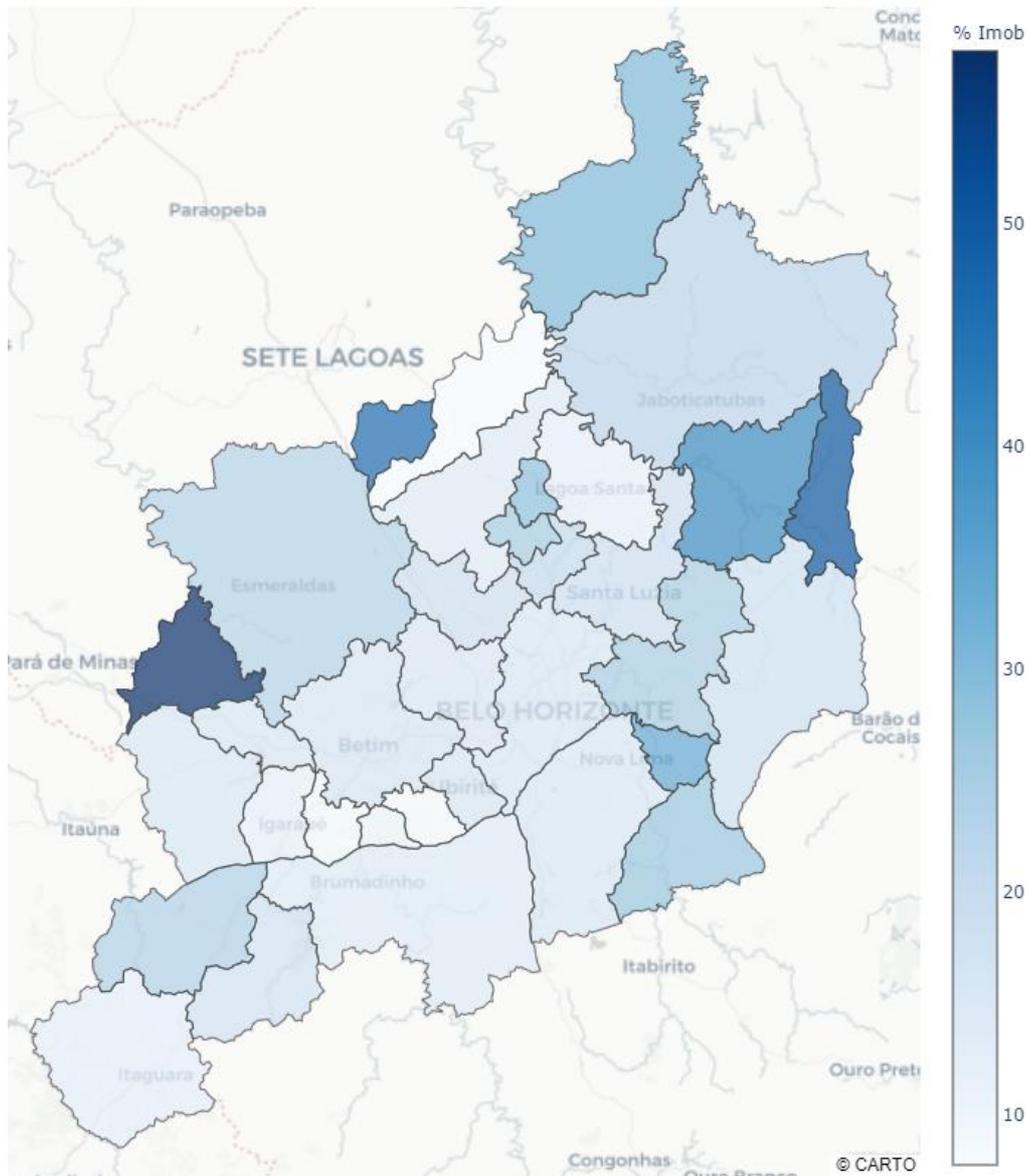


Figure 45

Nas duas tabelas a seguir se tem os 10 principais volumes de viagens intramunicipais e intermunicipais, e o município de Belo Horizonte tem destaque onde é o mais relevante em número de viagens intramunicipais, e está em 8 das 10 principais rotas de viagens intermunicipais.

**Viagens Intramunicipais**  
10 Principais Municípios (viagens por dia)

	Viagens por Dia
Belo Horizonte<->Belo Horizonte	2259778
Contagem<->Contagem	387402
Betim<->Betim	225799
Ribeirão das Neves<->Ribeirão das Neves	77975
Santa Luzia<->Santa Luzia	75641
Nova Lima<->Nova Lima	55257
Ibirité<->Ibirité	48316
Caeté<->Caeté	43600
Vespasiano<->Vespasiano	43596
Lagoa Santa<->Lagoa Santa	38186

Figure 46

**Viagens Intermunicipais**  
10 Principais Rotas (viagens por dia)

	Viagens por Dia
Belo Horizonte<->Contagem	268216
Belo Horizonte<->Ribeirão das Neves	94997
Betim<->Contagem	80036
Belo Horizonte<->Sabará	62855
Belo Horizonte<->Nova Lima	60337
Belo Horizonte<->Santa Luzia	57130
Belo Horizonte<->Ibirité	56871
Belo Horizonte<->Betim	37153
Belo Horizonte<->Vespasiano	30039
Contagem<->Ribeirão das Neves	28648

Figure 47

## 5.4. Linhas de Desejo

Em matrizes OD, um dos principais pontos a serem analisados são as linhas de desejo encontradas, essas linhas mostram de forma mais intuitiva a mobilidade de fato ocorrida entre as zonas analisadas, na sequência focamos a análise das linhas de desejo em dias úteis.

No mapa a seguir é observado um emaranhado de linhas de desejo, e observa-se todas as linhas de desejo encontradas na matriz OD da RMBH. E tem-se também nesse mapa que há linhas de desejo em destaques, devido ao alto volume de viagens medido entre as zonas envolvidas. Os principais destaques nas linhas de desejo foram volumes muito alto medidos em zonas próximas ou limítrofes, o que pode caracterizar outliers e devem ser analisados de forma separadas.

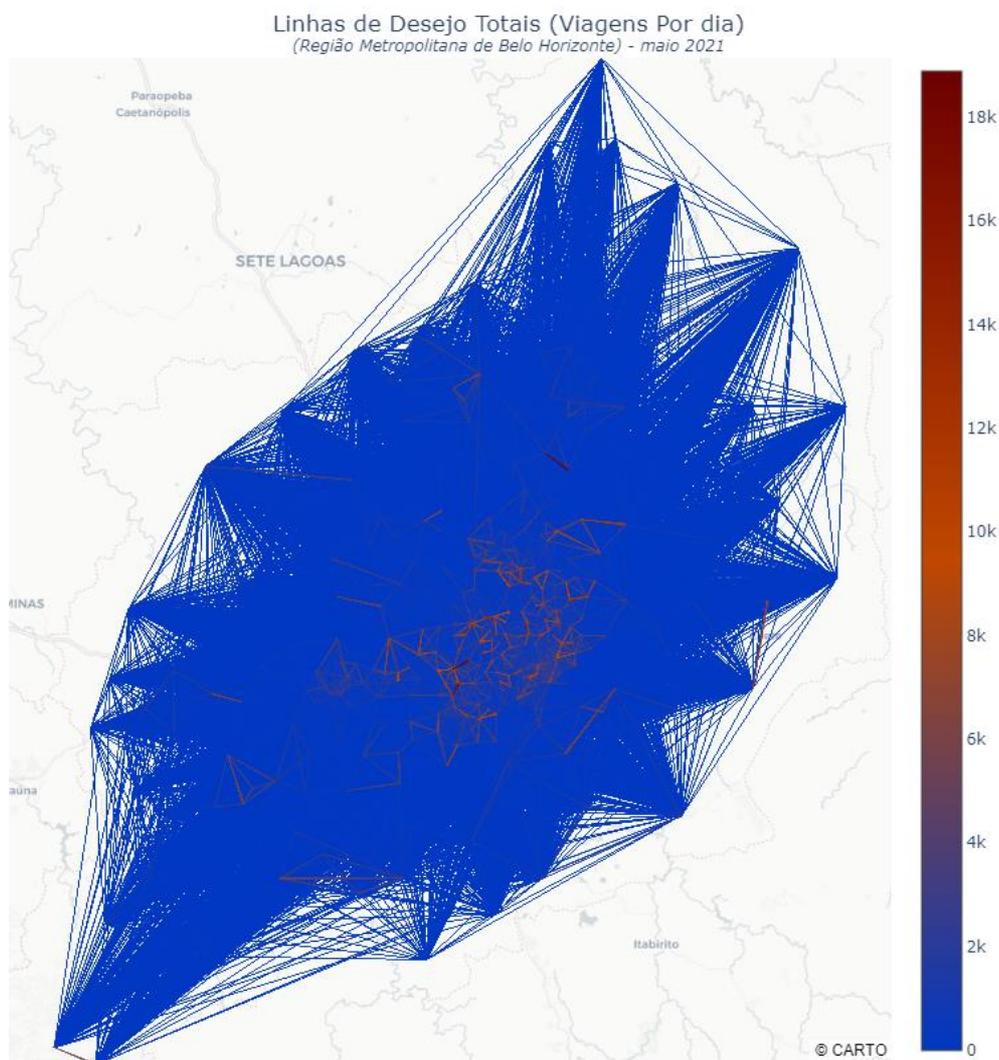


Figure 48

Após análise do mapa anterior, pode-se realizar algumas segmentações no volume de viagens, a fim de entender a diferença de mobilidade em ranges de volumes medidos, evitando em alguns casos outliers os quais devem ser avaliados separadamente ou até mesmo podendo serem retiradas da análise principal.

A seguir tem-se no mapa o primeiro range avaliado onde realizamos um filtro de até 1000 viagens medidas por dia útil, retirando assim os volumes muito altos, e é observado nesse caso a grande relevância que o centro da RMBH tem no volume de viagens, o centro envolve principalmente a capital do estado de Minas Geais, município de Belo Horizonte. Também se nota as linhas de desejo mais relevantes conectando as extremidades ao centro.

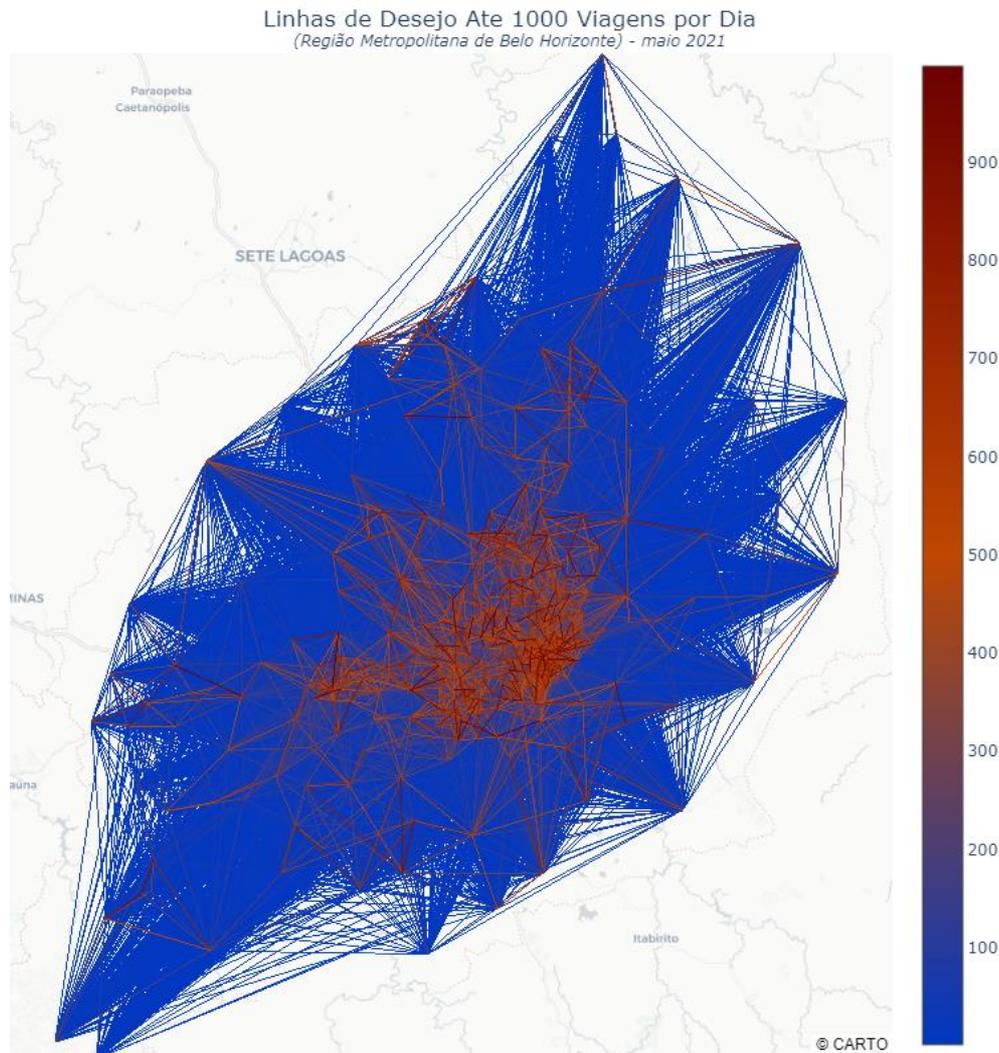


Figure 49



Nesse ponto são avaliadas todas as linhas de desejo com volumes a partir de 2500 viagens por dia em dias úteis, esses volumes identificados podem ser considerados outliers uma vez que estão com volumes muito altos se comparado ao restante das linhas de desejo identificadas na matriz OD.

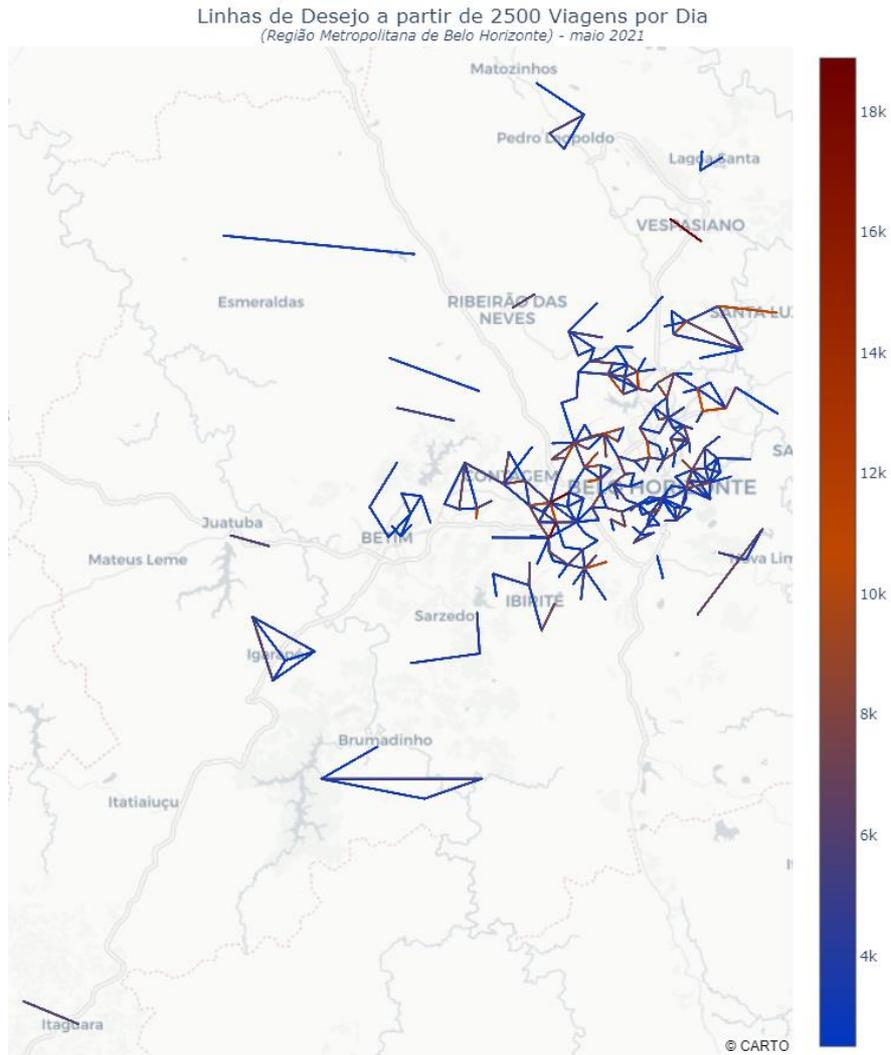


Figure 51

## 6 Principais Comparativos Novembro de 2019 e Maio de 2021

Na sequência será mostrado um comparativo entre os dois períodos escolhidos para as análises da matriz OD da região metropolitana de Belo Horizonte, tal comparativo faz-se necessário devido aos dois períodos serem distintos, onde para o mês de novembro de 2019 pode-se considerar como um mês típico de mobilidade urbana, já para o mês de maio de 2021 trata-se de um mês atípico em termos de mobilidade.

Conforme mencionado no parágrafo anterior o mês de maio de 2021 pode ser considerado um mês atípico de mobilidade urbana, devido em 2021 haver um período pandêmico, o que ocasionou na necessidade de a população reduzir a mobilidade a fim de tentar reduzir o volume de pessoa infectadas pelo vírus da Covid-19, o que em muitos casos o quadro da infecção evoluiu para óbito. Tendo isso em mente será mostrado o impacto que o período pandêmico ocasionou na redução de mobilidade populacional em maio de 2021 se comparado a um mês considerado típico, nesse caso o mês de novembro de 2019.

No gráfico a seguir veremos o comparativo de volume de viagens geradas nos dois períodos de análise. Se nota que em maio de 2021 a mobilidade em dias úteis ficou em 1.13 viagens por habitante, uma redução de 31% no índice de mobilidade se comparado a novembro de 2019. Em todos os tipos de dias houveram reduções significativas.

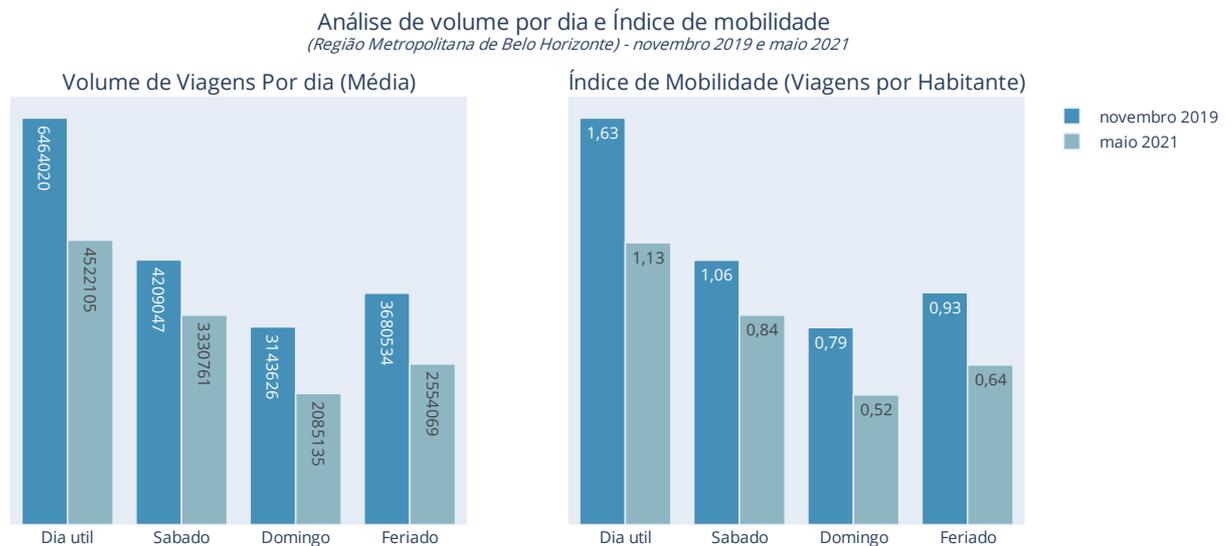


Figure 52

No gráfico a seguir avalia-se as diferenças nos índices de mobilidade por faixa etária em um dia útil, onde para o período atípico (maio de 2021), houve uma redução brusca em tais índices. A redução mais acentuada foi observada na faixa etária 40 a 49 anos, com uma redução em torno de 36% em comparado ao mês típico (novembro 2019).

### Índice de Mobilidade por Faixa de Idade em Dia útil (Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019 e maio 2021

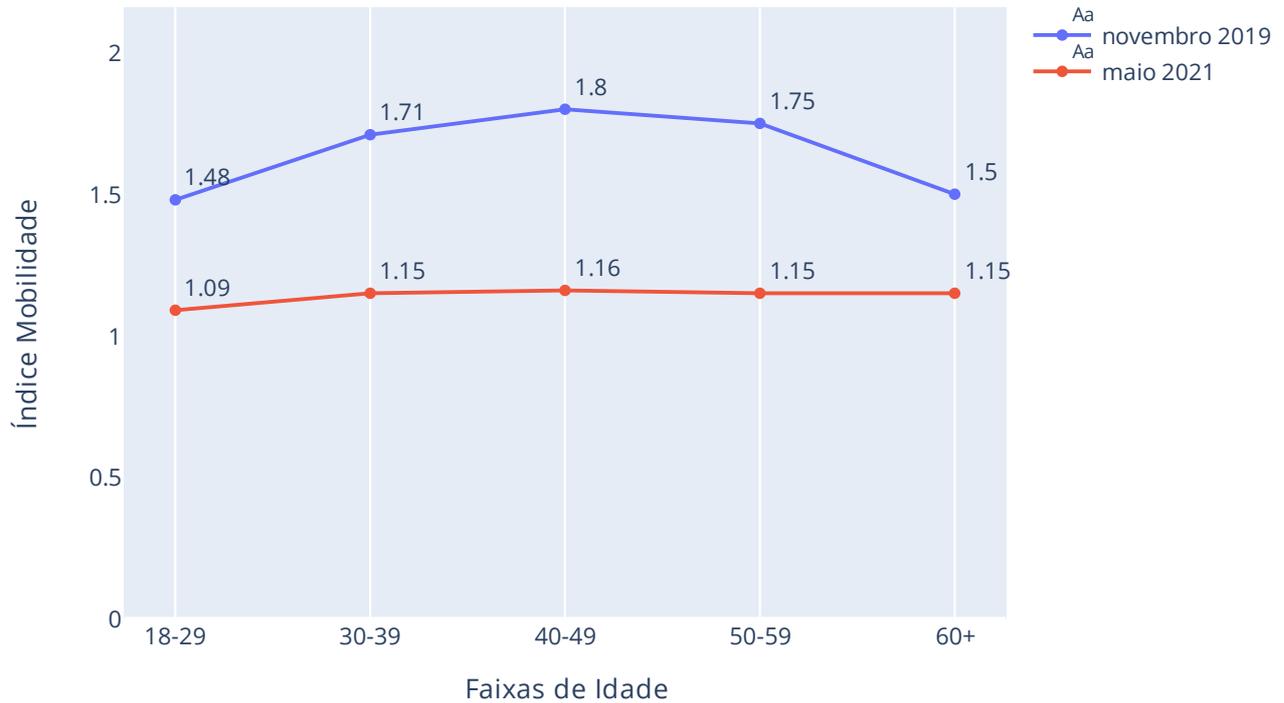


Figure 53

A seguir é observado as diferenças nos índices de mobilidade por faixas de renda. Assim como observado reduções bruscas por faixa etária, também é observado reduções bruscas nos índices de mobilidade por faixa de renda durante o período atípico (maio 2021), com a maior redução vista na faixa de renda "Ate 1", sendo em torno de 46% se comparado ao mês típico (novembro 2019), outras duas faixas de renda também tiveram reduções acima de 40%, sendo as faixas de "2-3" e "10-15", ambas com 41% de redução. Para as demais faixas houve reduções entre 30% a 35%.

### Índice de Mobilidade por Faixa de Renda em Dia útil (Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019 e maio 2021



Figure 54

Ao avaliar os motivos das viagens medidas em um dia útil, verifica-se no gráfico a seguir o comparativo entre um mês típico e um mês atípico. Assim como visto anteriormente, nesse gráfico se vê a redução no volume de viagens no período atípico, as maiores reduções foram constatadas nos motivos que envolvem o motivo "trabalho/estudo", onde há o motivo "domicílio" e "trabalho/estudo" envolvidos a redução foi de 31%, já quando o motivo envolve "outros" e "trabalho/estudo" a redução foi de 34%.

**Volume de viagens por motivo em um Dia útil**  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019 e maio 2021

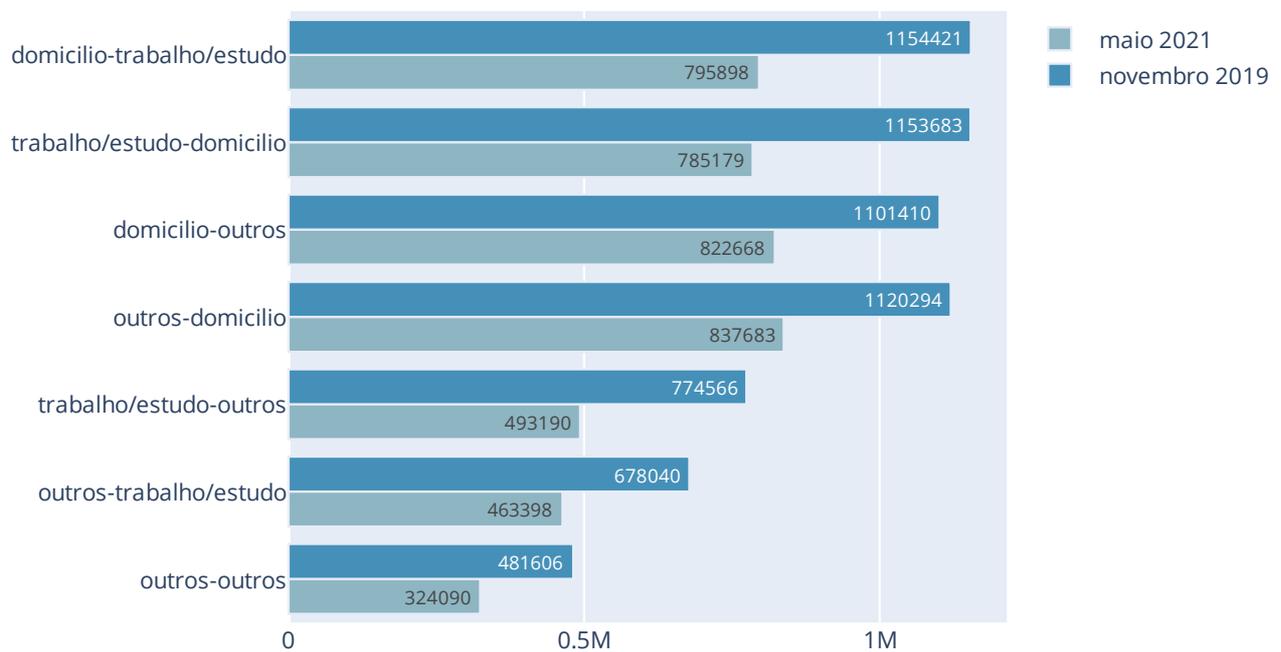


Figure 55

Ao observar o gráfico a seguir, há no período atípico (maio 2021) redução no volume de viagens medidas em dias úteis em todas as horas do dia, tais reduções foram mais relevantes nos períodos da manhã entre 6 e 9 horas, e no período da tarde entre 15 e 18 horas.

Distribuição horária por período em Dia útil  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019 e maio 2021

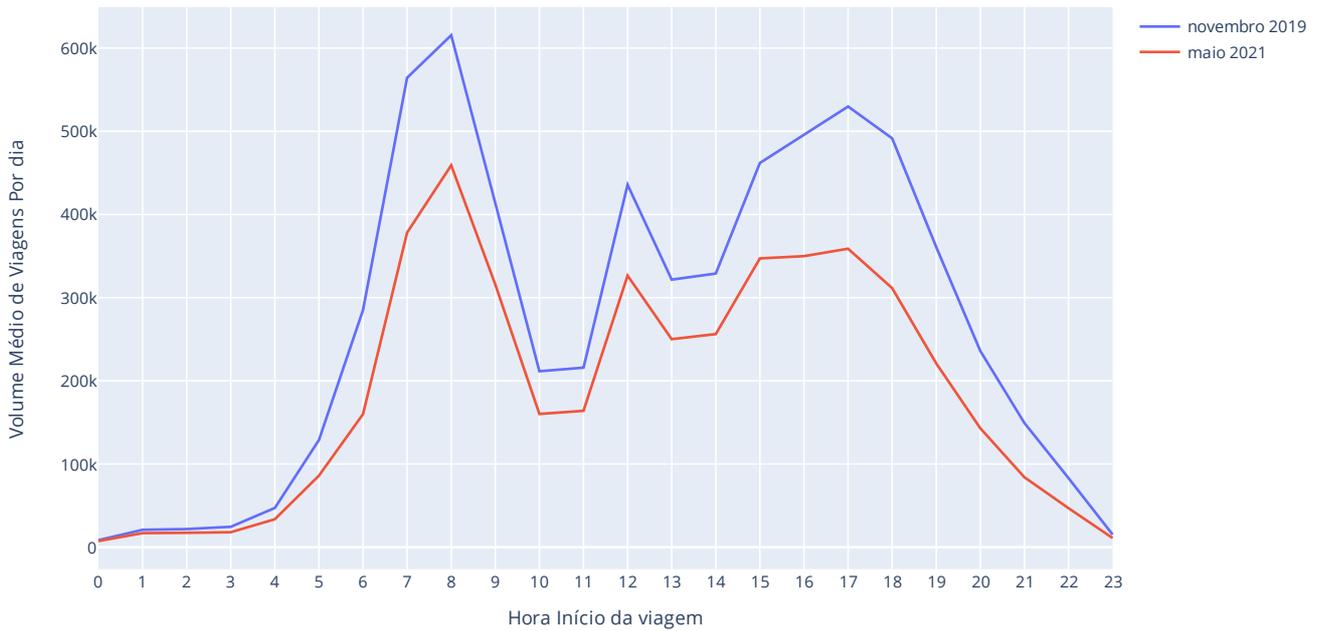


Figure 56

Ao se criar uma visão por município, as reduções já vistas anteriormente também se observa nas 10 principais cidades produtoras de viagens. A maior redução foi constatada no município de Pedro Leopoldo com uma redução de 48% em comparado ao mês típico (novembro 2019). O município de Belo Horizonte com a maior população da região metropolitana foi medido 31% menos viagens no período atípico do que o medido no período típico (novembro de 2019).

10 município com maiores volumes de viagens produzidas em um Dia útil  
(Região Metropolitana de Belo Horizonte) - novembro 2019 e maio 2021

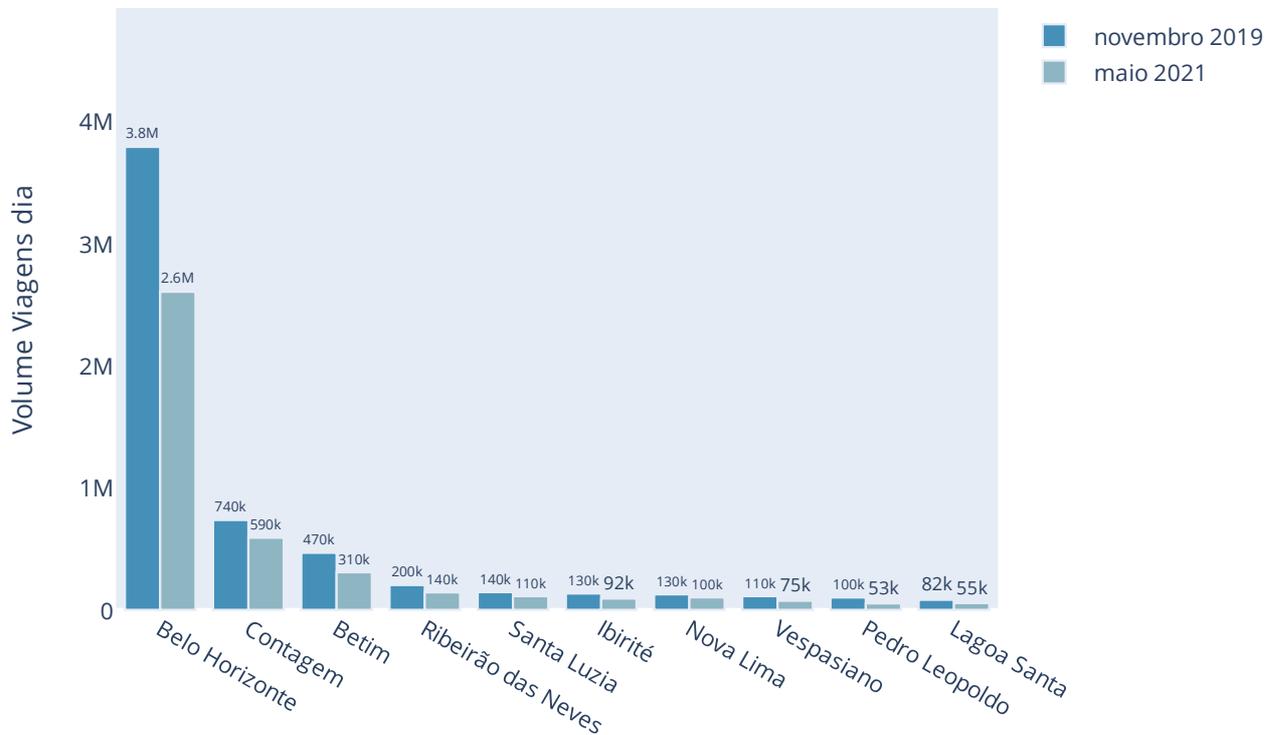


Figure 57

## 7 Considerações Finais

### 7.1 Resumo

O trabalho/estudo consistiu em analisar a mobilidade utilizando os dados de telefonia móvel (CDR), na região metropolitana de Belo Horizonte, contendo 34 municípios para dois períodos temporais distintos, os quais foram escolhidos o mês de novembro de 2019 o que é considerado um mês típico de mobilidade, e o mês de maio de 2021 um mês atípico devido a ser em um período pandêmico (Pandemia da Covid-19). O trabalho foi desenvolvido utilizando ferramentas e técnicas de big data, devido ao volumes expressivo de dados gerados pela rede de telefonia.

Para esse dois períodos foram analisados os volumes de viagens médias medidas entre 393 zonas de análises, durante os dias úteis, os sábados, os domingos e os feriados. Também foram analisadas distribuições por faixas etárias, faixas de renda, motivo das viagens e faixas horárias.

### 7.2 Importância

Ao se analisar a mobilidade na Região Metropolitana de Belo Horizonte utilizando-se de dados gerados na rede de telefonia móvel em conjunto com ferramentas e técnicas de big data, é possível traçar ações que antes se tinha dificuldade, ou a precisão não tinha um alcance tão expressivo. É possível definir uma melhor infraestrutura em regiões com maior volume de viagens medidas por dia, assim como poder traçar planos em períodos de dificuldades para a população, principalmente quando se trata de restrições de mobilidade devido a pandemias, e ou algum acontecimento atípico que impacte na mobilidade da população.

### 7.3 Resultados

Durante o trabalho/estudo, foi visto a mobilidade nos meses de novembro de 2019 e maio de 2021, onde se poder avaliar os índices de mobilidade em cada período, assim como as principais distribuições de viagens, por faixa etária, renda, motivo e hora da viagem. O índice de mobilidade de novembro de 2019 foi de 1.63 viagens por habitante em dias úteis, enquanto em maio de 2021 foi de 1.13 viagens por habitantes em dias úteis, onde no segundo trata-se de um período atípico ocasionado pela pandemia da Covid-19. No período de maio de 2021 houve reduções em todos os volumes de viagens medidas, tais reduções ficaram entre 31% e 46% a depender da análise realizada, seja por município, por faixa etária, renda, motivo, hora da viagem e etc.

Em novembro de 2019 os índices de mobilidade para as faixas etária entre 30 e 59 anos, ficaram acima de 1.7 viagens por habitante, enquanto para maio de 2021 esses mesmos índices não passaram de 1.16 viagens por habitante.

Para as faixas de renda foi observado que a partir de 3 salários mínimos os motivos "domicilio-outros" e "outros domicilio" são mais relevantes, isso para os dois períodos de análise.

Quando foi observado o horário de início da viagem, se tem que há picos horários a depender do dia analisado, ou motivo analisado, para os dias úteis há picos no período da manhã por volta do meio dia e no período da tarde, esse comportamento pode ser visto nos dois períodos de análise, porém com intensidades diferentes (volumes médios).

## 7.4 Objetivos

Nesse estudo foi capturado satisfatoriamente o comportamento da mobilidade metropolitana, as quais tem 393 zonas alvos. E foram detectadas distintas distribuições no comportamento da população, as quais foram descritas durante as análises.

## 7.5 Dificuldades

Houveram algumas dificuldades no percurso, por vezes devido ao processamento de uma massa de dados expressiva alguns prazos ficaram além do esperado. Uma outra dificuldade encontrada foi quanto a questão das distribuições de renda, onde verificou-se uma distribuição diferente do censo 2010. Há fatores temporais e sociais que impactam nessa distribuição, a qual o censo não acompanha.

Ao avaliar as zonas, verificou-se uma dificuldade em definir o zoneamento ideal para análise, isso teve impacto direto no processamento da massa de dados.

## 7.6 Melhorias

Hoje não há massa de dados suficiente a fazer algumas inferências, como é o caso do modo de transporte, o qual não foi possível inferir somente com os dados de telefonia, porém com a constante evolução tecnológica há a possibilidade de evoluir nesse quesito a fim de ter uma inferência satisfatória no modo de transporte no futuro.

O zoneamento foi um quesito que houve impacto direto no processamento e análise dos dados, portanto ao se obter um zoneamento mais intuitivo, e com feições mais aderentes a mobilidade e população residente, o processo fica mais limpo e sem um ponto que pode gerar falhas nos processamentos e entregas.

Para os períodos temporais analisados, foram vistos um período atípico (pandemia da Covid-19) e um típico (período normal de mobilidade). Para melhoria contínua e entender a mobilidade pós período atípico, é interessante realizar novos estudos em novos período e avaliar se houve um impacto a longo prazo ocasionado pela situação do período atípico.

Com as variáveis, foi visto durante o estudo que não foi solicitado utilizar a variável social de gênero, por escolha da SEINFRA, essa variável social é importante para o governo. Em estudos futuros faz-se necessário utilizar essa variável, para se entender o comportamento de cada gênero social na região metropolitana de Belo Horizonte.



## 8 Bibliografia

- Duduta, N., Mchugh, T., Corby, N., Jacobs, S. R., & Uk, L. (2016). DEVELOPMENT OF A TRIP INFORMATION SYSTEM FOR HIGHWAYS ENGLAND USING TELEFONICA / O2 MOBILE PHONE DATA. In European Transport Conference. <https://aetransport.org/public/downloads/qezZl/4881-57cc1994928f0.pdf>
- Tolouei, R., & Alvarez, P. (2015). Developing and verifying Origin-Destination matrices using mobile phone data : the LLITM case. [https://www.researchgate.net/publication/293605701\\_Developing\\_and\\_verifying\\_Origin-Destination\\_matrices\\_using\\_mobile\\_phone\\_data\\_the\\_LLITM\\_case](https://www.researchgate.net/publication/293605701_Developing_and_verifying_Origin-Destination_matrices_using_mobile_phone_data_the_LLITM_case)
- Wroe, C., Uk, T., Jacobs, S. R., Hanson, P., Aecom, R. T., & Inayathusein, A. (2017). FUSING MOBILE NETWORK DATA WITH MOBILITY DATA FOR TRANSPORT FOR LONDON'S PROJECT EDMOND. <https://www.london.gov.uk/what-we-do/transport/our-vision-transport/draft-mayors-transport->