

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Gabriel Luís Nogueira de Oliveira

**ANÁLISE DA DENSIDADE DO FLUXO DE VEÍCULOS NO CENTRO DE BELO
HORIZONTE, MINAS GERAIS**

UFMG

BELO HORIZONTE

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE
SISTEMAS AMBIENTAIS

Gabriel Luís Nogueira de Oliveira

ANÁLISE DA DENSIDADE DO FLUXO DE VEÍCULOS NO CENTRO DE BELO
HORIZONTE, MINAS GERAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia

Co-orientador: Carlos Fernando Ferreira Lobo

Belo Horizonte

2019

O48a Oliveira, Gabriel Luís Nogueira de.
2019 Análise da densidade do fluxo de veículos no centro de Belo Horizonte, Minas Gerais [manuscrito] / Gabriel Luís Nogueira de Oliveira. – 2019.
iv,42 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia.
Coorientador: Carlos Fernando Ferreira Lobo.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2019.
Bibliografia: f. 38-42.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Trânsito – Fluxo – Belo Horizonte (MG) – Teses. 3. Planejamento urbano – Teses. 4. Sistemas de informação geográfica – Teses. I. Garcia, Ricardo Alexandrino. II. Lobo, Carlos. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS
AMBIENTAIS**



FOLHA DE APROVAÇÃO

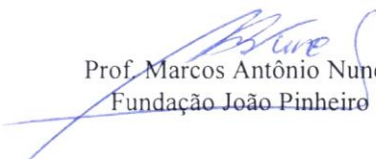
**ANÁLISE DA DENSIDADE DO FLUXO DE VEÍCULOS NO CENTRO DE BELO
HORIZONTE, MINAS GERAIS**

GABRIEL LUIS NOGUEIRA DE OLIVEIRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 22 de maio de 2019, pela banca constituída pelos membros:


Prof. Ricardo Alexandrino Garcia - Orientador
UFMG


Prof. Marcos Antônio Nunes
Fundação João Pinheiro


Prof. Diego Rodrigues Macedo
UFMG

Belo Horizonte, 22 de maio de 2019.

AGRADECIMENTOS

Graças, em primeiro lugar, a Deus, sem o qual nada do que foi feito se fez. Também agradeço aos meus pais, Calisto e Magda, meus maiores incentivadores, a minha irmã, Carolina, e a minha namorada, Yohanna, que me convenceu a ir até o fim.

Sou grato pelos colegas de jornada acadêmica e pelos professores, tanto aqueles que toparam participar do projeto ou da banca, quanto os que participaram de alguma forma compartilhando saberes.

*The Road goes ever on and on
Down from the door where it began.
Now far ahead the Road has gone,
And I must follow, if I can,
Pursuing it with eager feet,
Until it joins some larger way,
Where many paths and errands meet.*

**Terceira estrofe do poema “Roads go ever on”, J. R.
R. Tolkien.**

RESUMO

Belo Horizonte é a capital brasileira com a maior quantidade de veículos por habitante. Um dos maiores descontentamentos de seus transeuntes é o trânsito intenso que enfrentam diariamente. Tendo em vista esse problema e todos os seus fatores acarretadores, como a popularização do veículo automotor, a urbanização desordenada, a capacidade de atendimento à demanda de fluxo, entre outros, é necessário empreender esforços para melhor compreender o fenômeno do trânsito nas cidades brasileiras. O objetivo deste trabalho é propor uma alternativa para coleta de dados sobre o trânsito do centro da capital mineira de forma automatizada, além de analisar o conjunto de dados. O modelo de coleta funciona através de um *bot* capaz de realizar qualquer tarefa computacional, mas que foi programado para tirar e salvar *screenshots* da camada de trânsito disponibilizada pelo *Google Maps*. Foram obtidas 8050 imagens, durante um mês ininterrupto, de onde se extraiu os dados qualitativos necessários acerca do trânsito no centro da cidade. A análise foi dividida em duas partes: uma de sumarização/análise descritiva de recortes, e uma com modelo de regressão simples, para um período específico de tempo. Os resultados da sumarização confirmam a situação de trânsito percebida pelos habitantes, porém pontua com mais precisão algumas informações cruciais para compreensão do fenômeno, como o horário de ascensão e declínio dos intervalo de picos. O modelo de regressão, por sua vez, apresentou um ajuste satisfatório e um indicador de ascensão da intensidade do fluxo de trânsito para o período da tarde em dias úteis.

Palavras-chave: trânsito, fluxo, centro de Belo Horizonte, coleta de dados, *Google Maps*, modelo.

ABSTRACT

Belo Horizonte is the Brazilian capital with the largest number of vehicles per inhabitant. One of the biggest complaints of its passersby is the intense traffic they face daily. In view of that problem and every its causer factors, like automotive vehicles popularization, disordered urbanization, demand attendance capacity, among others, it's necessary to engage efforts to better understand the phenomenon of traffic in Brazilian cities. The objective of this work is to propose an alternative to collect data about the traffic of Minas Gerais' capital downtown in an automated way, besides analyzing the dataset. The gathering model works through a bot capable of performing any computational task, but it has been programmed to take and save screenshots of the traffic layer available on Google Maps. A total of 8050 images were obtained during an uninterrupted month, from which qualitative data about the traffic in the downtown were extracted. The analysis was divided into two parts: a summary /descriptive analysis of cutouts, and one with a simple regression model, for a specific period of time. The result of the summarization confirm the traffic situation perceived by the inhabitants, but more accurately it points some crucial information for understanding the phenomenon, such as the time of rise and decline of the range of peaks. The regression model, in its turn, presented a satisfactory adjustment and an indicator of the rise of traffic flow intensity for the afternoon period on business days.

Keywords: traffic, flow, Belo Horizonte downtown, data collection, Google Maps, model.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. LOCOMOÇÃO NAS GRANDES CIDADES BRASILEIRAS | 3 |
| 2.1. PLANEJAMENTO VIÁRIO NAS CIDADES BRASILEIRAS | 7 |
| 2.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E O AUTOMÓVEL | 10 |
| 3. ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 14 |
| 3.1. MOBILIDADE EM BELO HORIZONTE | 18 |
| 3.2. MÉTODO DE COLETA DE DADOS | 19 |
| 3.2.1. EDITANDO O <i>SCRIPT</i> DO AUTOHOTKEY | 22 |
| 3.3. TRATAMENTO DOS DADOS, EXTRAÇÃO DE METADADOS E POSSIBILIDADES DE ANÁLISE | 23 |
| 3.4. EXTRAINDO O PANORAMA DO TRÂNSITO DAS IMAGENS E SUMARIZAÇÃO DOS DADOS | 25 |
| 3.5. REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL | 27 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 28 |
| 4.1. REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL: RESULTADOS | 35 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 37 |
| REFERÊNCIAS | 38 |

1. INTRODUÇÃO

A prática do planejamento urbano no Brasil tem origem no período colonial, em que as vias eram pensadas e implantadas com objetivo de facilitar o acesso às terras do interior. À medida que a tecnologia dos transportes foi se modernizando, o planejamento rodoviário foi se adaptando as suas diversas modalidades. Com a invenção e popularização do veículo automotor e com o começo do aumento acentuado da população nas cidades brasileiras nas primeiras décadas do século XX, o objeto sob foco dos planejadores passou a ser a malha viária urbana. A partir de década de 1950, a curva do crescimento populacional nas cidades se inclinou ainda mais (VASCONCELOS, GOMES, 2012). Somado ao aumento da prosperidade e aquecimento da economia, o número de veículos transitando nas vias das grandes cidades explodiu. Pode-se dizer que, a partir de um determinado momento, a capacidade do tecido viário e urbano de se reinventar para acomodar novas práticas de transporte não conseguiu mais acompanhar a dinâmica demográfica e econômica vigente.

Na virada do século XX para XXI, o país viu suas cidades mergulharem em condições de locomoção cada vez mais caóticas. Essas condições tem acarretado uma série de custos e impactos para os municípios, dificultando o financiamento do sistema de mobilidade (VASCONCELLOS, 2014). Muitos foram e têm sido os esforços para resolver o problema, porém a realidade mostrou serem a grande maioria apenas medidas paliativas: alargamento de vias, desapropriações, reordenação urbana, políticas voltadas para o transporte coletivo, túneis, viadutos, e diversos outros empreendimentos. O assunto se tornou um dos temas de maior discussão entre as gestões modernas municipais de várias cidades.

É possível classificar as propostas de intervenção em duas categorias: as que visam integrar à cidade uma renovação da política de transporte coletivo e até mesmo uma política de desincentivo ao uso de veículos particulares; as que são aparentemente mais conservadoras, que buscam otimizar o trânsito dos veículos via diversas interferências estruturais na cidade. No tocante a segunda categoria, as grandes cidades tem apresentado uma dificuldade crônica de resolver os problemas estruturais da rede viária, no sentido de diminuir o caos do fluxo. O ponto chave de otimizar o trânsito é diminuir um indicador que, quando elevado, aumenta significativamente o tempo de deslocamento dos cidadãos, diminuindo a qualidade de vida: a densidade de fluxo. A densidade é simplesmente a

quantidade de veículos que se encontram em um determinado trecho de via em um determinado tempo t (SILVA, 1994).

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é o sexto município mais populoso do Brasil segundo a estimativa do IBGE (2018), com 2.501.576 habitantes. Na classificação de municípios por tamanho de frota de veículos, Belo Horizonte aparece em terceiro lugar, com o incrível número de 2.044.545 veículos, de acordo com o DENATRAN (2018). A razão entre os dois valores é de 0.8 carro por habitante, superior ao valor encontrado para São Paulo, por exemplo, que é de 0.62.

Assim como em vários outros centros urbanos, a população belorizontina e dos municípios de sua Região Metropolitana sofrem quase diariamente com o caos nas vias. Apesar do aparente esforço das suas últimas e atual gestão para mitigar o problema, a crescente frota, além de enfrentar um *overtiming* em seus trajetos, tem de conviver com uma cidade constantemente em obras. Um levantamento feito pelo ITV99 (Índice 99 de Tempo de Viagem) revelou alguns dados sobre o trânsito em diversas cidades. Após o resultado, vários jornais locais divulgaram matérias com o teor exemplificado na seguinte frase: “Trânsito parado, buzinação e nó em cruzamentos são realidades comuns no cotidiano de quem dirige por Belo Horizonte nos horários de pico”. (Jornal da Cidade, 2018). Também concluiu-se que as principais vias com trânsito ineficiente são: av. Nossa Senhora do Carmo, av. Antônio Carlos, av. Cristiano Machado, Via Expressa e muitas vias do centro da cidade (área compreendida pelo cerco da av. do Contorno).

Na atualidade existem muitas ferramentas de monitoramento de trânsito e coleta de dados, como os aplicativos de navegação, que facilitam a vida dos planejadores e estudiosos urbanos que avaliam e propõem intervenções e dos usuários que podem tomar decisões de rota em tempo real (FRANÇOSO, MELLO, 2016). Os órgãos de pesquisa têm procurado novas formas de aplicá-las em suas análises. Levando em consideração essas possibilidades oferecidas atualmente e o quadro de trânsito em Belo Horizonte, que suplica por estudos e propostas, este trabalho tem como seu objetivo central desenvolver e explicar um método de coleta de dados através do aplicativo *Google Maps* para análise do fluxo de trânsito no centro da capital. O modelo de coleta de dados via *Google Maps* pretende ser simples no sentido de que usuários de computadores comuns possam realiza-la sem grandes manobras computacionais.

Também pretende-se realizar análises exploratórias com os dados obtidos, que podem ser valiosos para descrição do fluxo na capital e para apontar suas características mais marcantes. A natureza dos dados coletados é qualitativa, já informada pelos indicadores de fluxo do aplicativo: *grená* para vias com trânsito muito lento; *vermelho* para trânsito lento; *laranja* para trânsito moderado; e *verde* para trânsito rápido. Para uma compreensão mais aprofundada sobre a dinâmica do trânsito no centro da capital, objetiva-se aplicar os dados em um modelo estatístico que permitirá apontar a probabilidade de ocorrência de uma intensidade do fluxo para um determinado intervalo de horário.

Trabalhos de natureza diagnóstica são importantes para uma compreensão mais particular de fenômenos que afetam a vida de muitas pessoas diariamente. Os benefícios dessa compreensão vão da esfera pública (tomadores de decisão) à individual (usuários). Assim como estudos em Teoria de Fluxo de Trânsito, os diagnósticos de trânsito podem “(...) buscar determinar a oferta necessária (entendida como as condições físicas e de controle a serem implantadas no sistema viário) para obter um nível estabelecido de qualidade de serviço no atendimento à demanda (...)” (FLUXO..., p. 1, s.d.).

As hipóteses estabelecidas são: aquelas que se baseiam no empirismo dos usuários das vias do centro, ou seja, que em certos horários chamados “de pico”, a área de estudo de uma forma geral apresenta trânsito intenso, com velocidade média deslocamento bastante reduzida. O que não se sabe ao certo é em que horários esse fenômeno de aumento dos veículos transitando no centro ascende e descende, nem como se comporta exatamente para dias úteis distintos, embora também exista a hipótese de que quintas e sextas seja mais inflado. Para os demais horários, com dinâmica mais errante, em vez de simplesmente um trânsito livre ou moderado, espera-se um desvio padrão nos dados mais elevado.

2. LOCOMOÇÃO NAS GRANDES CIDADES BRASILEIRAS

As cidades ao redor do mundo, desde seus primórdios na Antiguidade, têm implantado e adaptado suas estruturas de modo a permitir acesso aos seus aparelhos e edificações. Um exemplo da implantação racional de vias na Antiguidade são as cidades de Mohenjo-daro e Harappa, da civilização do Vale do rio Indu: em 2600 a.C., já eram organizadas com um padrão de grade, cujas vias formavam sempre ângulos retos (MCINTOSH, 2008). Durante o Paleolítico, período no qual o homem andava apenas a pé e sempre migrando quando os recursos de uma determinada área se esgotavam, não havia

necessidade de edificar rotas. A domesticação de plantas durante o Neolítico resultou em uma série de transformações no modo de vida das sociedades (DIAMOND, 2013). No tocante à locomoção, o estilo de vida sedentário passou a exigir do homem um deslocamento sistemático entre os campos de produção e os locais de abastecimento (aldeias). Algumas das tecnologias dessa época foram criadas com o propósito de otimizar o deslocamento humano entre os diversos postos de trabalho e todas as outras estruturas que emergiram junto ao novo estilo de vida. A partir de então as primeiras estradas e vias foram criadas. Uma das mais antigas estradas pavimentadas que se tem notícia data o ano de 4 mil a.C., na cidade de Ur, na Suméria (LAY, 1992).

Estradas e ruas são, por definição, alterações que o homem faz no meio para remover no espaço existente entre sua origem e destino possíveis obstáculos. Em outras palavras, é uma forma de otimizar o deslocamento em tempo/custo e diminuindo os riscos. Sociedades que dispõem de mais tecnologia dispõem de maior capacidade de alterar as características do seu meio. À medida que a população crescia, os meios de transporte eram aprimorados e os recursos disponíveis para edificar estruturas se tornavam mais sofisticados. Assim, as ruas e estradas ganhavam novas características.

Essa lógica descrita nos parágrafos anteriores se fez presente ao longo dos demais milênios da história, guardadas as devidas peculiaridades e proporções, e até hoje influencia o modo como se lida com os aspectos estruturais das vias. Este capítulo é dedicado a um breve estudo da dinâmica moderna da transformação do transporte e sua relação com a formação das cidades.

Os últimos anos do final do século XIX foram marcados por uma série de invenções que simbolizaram o que a Segunda Revolução Industrial ofereceu ao mundo moderno. Uma delas é o automóvel, ícone do modernismo. “O automóvel é o símbolo por excelência do moderno no início do século XX. Sua chegada a diferentes partes do mundo ilustra a trajetória irresistível da mobilidade” (GIUCCI, 2004, p. 263). A “máquina bufante”, ou “o novo sáurio mecânico”, como descreveu Giucci (2004), trouxe ao homem um modelo de transporte e locomoção que gradativamente foi suplantando o uso de tração animal. Ele chegou no Brasil no ano de 1893: um *Peugeot*® com motor *Daimler*® a gasolina. Com o passar das primeiras décadas o preço do automóvel não reduziu significativamente a ponto

de se popularizar no país. Mesmo assim, algumas cidades foram se equipando para recebê-lo em larga escala e o trânsito oriundo de sua utilização pelos próximos anos.

O conceito do termo “trânsito”, quando associado a um conjunto de normas e regulamentações, tem origem bastante antiga. Em Roma, por exemplo, o termo já se referia à forma como o Império organizava e regulava o fluxo de veículos pelas diversas rotas que existiam. Dois exemplos notáveis de normalização do trânsito em Roma foram quando Júlio César banuiu a circulação de rodas durante o dia no centro da capital e também implantou uma norma para limitar o peso dos veículos de carga (HONORATO, 2004).

A influência do automóvel foi tanta no sentido do planejamento do trânsito que não apenas os aspectos estruturais das vias foram sendo modificados e pensados em função da modalidade, mas também diversos aspectos do ordenamento urbano. Essa visão de planejamento foi muito bem ilustrada em 1939, quando o *designer* estadunidense Norman Bel Geddes, sob pedido da General Motors, criou um diorama chamado *Futurama: Highways and Horizons*, que representava os Estados Unidos em 1960, tendo suas cidades e vilas totalmente conectadas por super-rodovias (FOTSCH, 2001). A partir de então projetos urbanistas adquiriam contornos e traços cada vez mais marcados pela funcionalidade relativa ao automóvel.

(...) o projeto apresentado na feira de 1939 trouxe cidades rigorosamente simétricas, com rodovias enormes as cortando, conectando grandes bolsões ou parques que abrigam os arranha-céus a zonas longínquas e de baixa densidade, caracterizando o aspecto residencial da cidade modernista. Exatamente como é percebido na *Ville Radieuse* de Le Corbusier (COSTA, 2014, p. 31).

Ermínia Maricato (2008) argumenta que o automóvel trouxe consigo a ideia de que era o mais desejável modo de locomoção, e que por esse e outros fatores foi se tornando preponderante na lógica do planejamento urbano.

O automóvel conformou as cidades e definiu, ou pelo menos foi o mais forte elemento a influenciar, o modo de via urbano na era da industrialização. Daquilo que era inicialmente uma opção – para os mais ricos evidentemente – o automóvel passou a ser uma necessidade de todos (MARICATO, 2008, p. 6).

Acredita-se ser esse um argumento válido acerca da influência do automóvel. É notável que o *marketing* da indústria automotora vendeu o sonho de liberdade e *status* ao longo das décadas e até hoje o faz. Também é evidente que o *lobby* da indústria foi bastante

presente em vários governos das últimas décadas e se mantém na atualidade (conforme será melhor explanado no item 2.2). Contudo, um fator mais atuante que pautou a lógica de planejamento urbano em função do automóvel foi a necessidade de atender a nova funcionalidade e proporção de fluxo das vias. Cláudio Oliveira da Silva (2009) enuncia os casos de Paris e Barcelona, cidades que sofreram severas adequações físicas na malha viária para se adequar aos fluxos cada vez mais rápidos e intensos do tráfego motorizado.

No Brasil, pouco tempo depois, o fenômeno já era percebido, de tal modo que “Em 1911 já havia 1300 carros no Rio de Janeiro. Esse elevado número de automóveis só foi possibilitado graças às obras de remodelação urbana feitas na capital, que resultaram em grandes avenidas cobertas por mantas asfálticas” (SILVA, 2009, p. 42). Ainda no Rio de Janeiro, Duarte cita o caso da Barra da Tijuca como modelo de planejamento orientado para os carros:

A Barra da Tijuca surge, desde a prancheta do urbanista, como uma cidade do automóvel (a cor oriented city), não apenas repetindo os pressupostos teóricos que presidiram a concepção de Brasília (projetada por Lúcio Costa em 1957), como assumindo a própria fragmentação do tecido urbano como princípio projetual (DUARTE, 2006, p. 116).

A escola de planejamento urbano modernista, representada por figuras como Le Corbusier, reproduziu seu modelo de urbanização em cidades de várias partes do globo. Levou a elas uma formatação que, além de romper com uma lógica mais espontânea de espraiamento e ocupação, produziu espaços sem vitalidade, que rompiam as relações sociais de vizinhança e que ofereciam canais de passagem para os apressados automóveis (SILVA, 2009). Era o novo tempo do pragmatismo urbano, que também está associado às novas relações de trabalho, a industrialização, o êxodo rural, a concentração demográfica e outros fenômenos que fizeram parte dessas transformações no tecido urbano. A crescente adesão aos carros se comportou como um fenômeno retroalimentativo.

Repensar o modelo de locomoção nas cidades é necessário. Tirar o automóvel do altar do transporte e oferecer alternativas é parte fundamental da solução. Porém é preciso um olhar realista sobre a real situação do trânsito. Esta pesquisa baseia-se na premissa de que não se pode converter a preferência dos usuários das vias e espaços urbanos de forma abrupta. Esse é um processo que leva anos, e, enquanto não se concretiza, deve-se pensar em medidas estruturais que ofereçam aos automóveis o melhor cenário de locomoção

possível, porquanto os veículos motorizados particulares ainda continuam sendo um dos principais meios de locomoção.

2.1. PLANEJAMENTO VIÁRIO NAS CIDADES BRASILEIRAS

Entende-se por planejamento urbano o conjunto de técnicas e conhecimentos aplicados ao processo de idealização, criação e desenvolvimento de soluções para o ambiente urbano, que visam revitalizar, reordenar, otimizar ou promover qualquer outra ação positiva em uma área urbana existente ou projetada. Segundo José Afonso Silva, planejamento “é um processo técnico instrumentado para transformar a realidade existente no sentido de objetivos previamente estabelecidos” (SILVA, 2006, p. 89).

As origens do planejamento urbano remontam ao trabalho dos primeiros urbanistas, que se levantaram contra os efeitos da espontânea urbanização causada pela Revolução Industrial (HALL, 2002). Este é o período chamado por muitos autores de “liberal”. A tendência do período é marcado pela concepção dos planejadores de aplicar alternativas que visassem “desenhar” as cidades exatamente como elas deveriam ser. Alguns nomes de prestígio são Le Corbusier (*Ville Radieuse*), Frank Lloyd Wright (*Broadacre City*), Ebenezer Howard (*Garden City*) e Tony Garnier (*Industrial City*) (CHOAY, 2003).

O atraso brasileiro em se inserir na economia global como nação industrializada fez com que os ideais da tendência liberal tardassem a pautar as ações dos primeiros planejadores urbanos brasileiros. Villaça (1999) divide a história do planejamento urbano no Brasil em três fases:

- I) A primeira fase: 1875 – 1930: iniciada quando a “Comissão de Melhoramentos da Cidade do Rio de Janeiro” publicou o primeiro relatório. Villaça (1999) expõe que os planos se baseavam em princípios de “melhoramentos e embelezamentos”, inspirados por planos semelhantes aplicados em Barcelona e Paris.
- II) A segunda fase: 1930 – 1992: é a era da eficiência no planejamento urbano brasileiro, similar à cidade liberal dos fundadores da disciplina.

É o período do plano intelectual, que pretende impor-se e ser executado por que contém ‘boas idéias’, tem base científica e é correto tecnicamente. É o plano-discurso que se satisfaz com sua própria ‘verdade’ e não se preocupa com sua operacionalização e sua exequibilidade. Sua ‘verdade’ bastaria. (DEÁK; SCHIFFER, 1999, p. 204).

Divide-se em três sub-períodos: O urbanismo e o Plano Diretor (1930-1965), Planejamento Integrado e os Superplanos (1965-1971) e o Plano sem Mapa (1971-1992). O Plano Diretor, ainda que tendo seu cabedal técnico e teórico bastante incipiente, deu início a uma política de planejamento urbano renovada, e entre as novidades estava a atenção para infraestrutura e transporte.

- III) A terceira fase: 1992 – 2001: teve início marcado pela criação do Estatuto da Cidade, cujo terreno de implantação havia sido preparado pela inserção dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal. A concepção geral do período busca transpor as barreiras criadas pelo tecnicismo das fases anteriores e colocar em discussão (técnica e política) a cidade real, com seus anseios e vários atores envolvidos.

Em 2001, o *Estatuto da Cidade* trouxe no texto a obrigatoriedade dos municípios acima de 500 mil habitantes de elaborarem um *Plano de Transporte Urbano Integrado*, que deveria ser compatível ou parte do conteúdo do Plano Diretor. A SeMob (Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana), em 2005, passou a incentivar os municípios com mais de 100 habitantes a desenvolverem um *Plano Diretor de Transporte e Mobilidade*. Segundo Magagnin (2008), três eixos passaram a nortear os objetivos do planejamento urbano no Brasil, com base nas decisões legais contidas no texto do *Estatuto da Cidade*: I) Desenvolvimento Urbano; II) Sustentabilidade Ambiental; III) Inclusão Social.

O quadro a seguir sintetiza de forma clara como essa política passou a ser o ponto de apoio sobre o qual os planejadores e gestores urbanos deveriam tomar decisões, pelo menos em tese:

Quadro 1. Princípios e Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana

| Princípios | Diretrizes |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Acessibilidade universal; • Desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais; • Equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo; • Eficiência, eficácia e efetividade na | <ul style="list-style-type: none"> • Integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo no âmbito dos entes federativos; • Prioridade dos modos de transportes não |

| | |
|---|---|
| <p>prestação dos serviços de transporte urbano;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestão democrática e controle social do planejamento e avaliação da Política Nacional de Mobilidade Urbana; • Segurança nos deslocamentos das pessoas; • Justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes do uso dos diferentes modos e serviços; • Equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros; e • Eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana. | <p>motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integração entre os modos e serviços de transporte urbano; • Mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade; • Incentivo ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis e menos poluentes; • Priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território e indutores do desenvolvimento urbano integrado; e • Integração entre as cidades gêmeas localizadas na faixa de fronteira com outros países sobre a linha divisória internacional. |
|---|---|

Fonte: Ministério das Cidades (2013)

A opinião de Rubim e Leitão (2013) representa uma voz crítica e consonante entre os analíticos das políticas de mobilidade urbana brasileiras:

Num país em que se tem, nas palavras de Ermínia Maricato, “obra sem plano e plano sem obra”, seria ingenuidade acreditar que a elaboração de um plano per se seja capaz de mudar a realidade catastrófica da mobilidade brasileira. De fato, não o é. Mas o cenário composto pela disponibilização de recursos e a existência de diretrizes rígidas voltadas à melhoria da mobilidade gera uma perspectiva promissora que não pode ser desperdiçada: a de que, pela primeira vez, os municípios e gestores têm a obrigação de discutir com a população qual cidade querem ter no futuro (RUBIM e LEITÃO, 2013, p. 60).

O fato das secretarias de transporte e planejamento das cidades continuarem intervindo na rede viária para melhorar os indicadores de circulação nas vias não é um problema em si. Mesmo que, por muitas vezes, ofereçam soluções paliativas, são medidas realistas, que consideram a importância de oferecer condições mais favoráveis de circulação para os automóveis.

Jared Diamond (2012), no livro *O Colapso*, postula que um dos principais efeitos negativos da enorme popularização do automóvel é a inviabilização da projeção de sistemas

alternativos de transporte. O favorecimento da indústria automobilística garantido pelo *lobby* frente aos governantes de diversas épocas distorceu o rumo natural da preferência dos indivíduos e colheu um caminho de caos quase sem volta. Quem explica em parte este fenômeno é Ludwig von Mises, no livro *Ação Humana*. “O objetivo final da ação é sempre a satisfação de algum desejo do agente homem. (...) O agente homem está ansioso para substituir uma situação menos satisfatória por outra mais satisfatória” (MISES, 2010, p. 99). Indivíduos fazem escolhas baseados em incentivos, ainda que sejam incentivos governamentais que distorçam o curso natural da dinâmica de mercado.

2.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS E O AUTOMÓVEL

Os demógrafos dividem a história da humanidade em períodos chamados de regimes demográficos. Cada um deles se refere a um conjunto de características do cenário para procriação humana em que o resultado foi diferente do anterior. São três: I) do surgimento da espécie à Revolução Neolítica: a reprodução era fortemente condicionada pelo estilo de vida coletor; II) Do Neolítico à Revolução Industrial: marcado pelo crescimento populacional proporcionado pela agricultura, mas ainda à mercê de intemperes naturais e da expectativa de vida baixa; III) Da Revolução Industrial aos dias de hoje: a independência do homem em relação a natureza aumenta em função da tecnologia e a expectativa de vida se eleva cada vez mais, gerando um forte crescimento demográfico.

Em 1820, a humanidade atingiu seu primeiro bilhão e, em 1925, seu segundo bilhão (JACQUARD, 1998). Esse foi um intervalo de tempo de ampla difusão da tecnologia industrial no mundo. Os avanços galgados pelos industriais ingleses alcançavam pouco a pouco outros países. O processo de industrialização das economias foi um potente motor de urbanização que, ao longo dos séculos XIX e XX, retirou grandes contingentes populacionais dos campos para as cidades. Os valores do quadro a seguir evidenciam a transformação socio-espacial dos países que se industrializavam:

Quadro 2. Porcentagem da população mundial vivendo em cidades (1800-1950)

| Ano | Cidades acima de 20 mil habitantes % | Cidades acima de 100 mil habitantes % |
|------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1800 | 2,4 | 1,7 |
| 1850 | 4,3 | 2,3 |
| 1900 | 9,2 | 5,5 |
| 1950 | 20,9 | 13,1 |

Fonte: DAVIS, 1955, p.433.

Sobre esse processo, Juarez Lopes (2008) afirma:

Pode-se afirmar, portanto, que os séculos XIX e XX assistem a uma nova “revolução urbana”, tão profunda e vasta nas transformações sociais que provoca, quanto o foi a primeira evolução urbana nos primórdios da história. Ademais, criaram-se sociedades completamente urbanizadas, ou melhor, “metropolizadas”, para fazer uso de um neologismo sugestivo. (LOPES, 2008, p. 6).

Em 1960 o mundo viu a população crescer a uma taxa recorde anual de 2.1%. A inclinação da reta de crescimento do gráfico a seguir mostra a disparidade da tendência em relação aos demais anos.

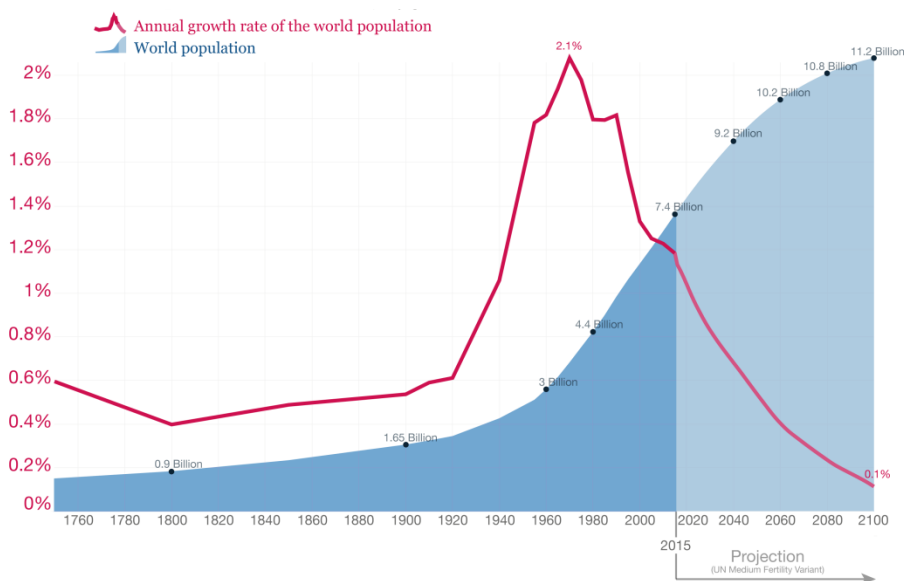


Figura 1. Gráfico do crescimento populacional mundial (1750-2100)

Fonte: ROSER e ORTIZ-OSPINA (2013), baseado nas projeções da ONU.

Os motivos da elevação da taxa de crescimento já foram bastante abordados por diversos estudiosos. Os avanços tecnológicos e científicos, especialmente no campo da saúde, aliados à oferta de melhores condições materiais de vida, fizeram a taxa de mortalidade despencar ao longo dos anos. A variável em questão não teve sua redução acompanhada imediatamente pela redução da taxa de natalidade. Levaram alguns anos para que ela começasse a reduzir, e por isso somente nas últimas décadas, com projeção para as futuras, que a inclinação da reta de crescimento diminuiu, de acordo com a Figura 1. Ao contrário do que se pensava, de que a escassez econômica pudesse gerar redução na

quantidade de filhos, verificou-se justamente o oposto nos países hoje chamados “desenvolvidos”.

E o mais importante, a regulação da fecundidade ocorreu num quadro de aumento da sobrevivência e de avanço do bem-estar. Baixas taxas de natalidade não vieram em função da escassez econômica. Ao contrário, na maioria das vezes, não houve coação dos meios de subsistência sobre os casais que decidiram reduzir o número de filhos. De modo geral, a queda da fecundidade ocorreu num ambiente de liberdade de escolha, começando pelas camadas mais afluentes da sociedade. A transição de altos a baixos níveis de natalidade e fecundidade envolve disposições racionais, sendo, ao mesmo tempo, fruto e pré-condição para o efetivo sucesso da modernidade (ALVES, 2008, p. 3).

A este fenômeno em que a taxa de mortalidade e natalidade gradualmente diminuía deu-se o nome de *transição demográfica*. Segundo a teoria, “o desenvolvimento econômico e o processo de modernização das sociedades estariam na origem das mudanças nas taxas de natalidade e de mortalidade verificadas em países europeus, com consequentes mudanças nos ritmos de crescimento populacional” (VASCONCELOS e GOMES, 2012, p. 240).

O que se percebe é que o mundo desenvolvido e o mundo subdesenvolvido estão em fases distintas da transição demográfica, ainda que já tenha sido rejeitada a tese de que a redução nas taxas de natalidade e mortalidade seja reflexo do desenvolvimento econômico, como explica Vasconcelos e Gomes (2012). Sem se ater à discussão sobre a dinâmica populacional em diferentes sociedades e suas variáveis particulares, os dados mostram que os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento já experimentaram uma significativa redução na taxa de mortalidade (embora ainda possuam expectativa de vida bem abaixo dos demais), mas possuem um ritmo lento de diminuição da taxa de natalidade.

No padrão histórico típico, decresce, primeiro, a mortalidade enquanto que a natalidade se mantém alta por um certo tempo. Portanto, existe um período caracterizado por uma natalidade elevada e uma mortalidade declinante. Na atualidade, esta última sofreu tão rápida redução que levou alguns autores a denominarem o fenômeno de “explosão demográfica” (YUNES, 1971, p. 132).

No Brasil, o crescimento mais acentuado de sua população aconteceu nas décadas de 1950 e 1960, quando suas taxas de natalidade e mortalidade proporcionaram um acréscimo populacional a um ritmo médio de 3,1% e 2,9% ao ano, respectivamente (VASCONCELOS E GOMES, 2012). A figura a seguir mostra a taxa anual de crescimento da população brasileira de 1960 a 2015. A queda que consta no gráfico é evidência de que o

país avança pelas fases da transição demográfica. O cenário atual da dinâmica populacional é aquilo que muitos demógrafos chamam de *janela de oportunidade*¹, porém já gerando preocupações com o envelhecimento da população e suas consequências.



Figura 2. Gráfico da evolução da taxa de crescimento populacional no Brasil (1940-2040).
Fonte: G1, 2010. Baseado nos censos demográficos do IBGE.

A população brasileira cresce cada vez mais lentamente, assemelhando-se progressivamente mais aos países desenvolvidos. Contudo, hoje o país vivencia um cenário social, econômico e espacial que é fruto de dinâmicas já registradas. O vertiginoso crescimento demográfico e o contexto geoeconômico do país nas décadas conformaram as grandes cidades brasileiras nas características que são conhecidas hoje.

O mercado automobilístico, por exemplo, como vários outros nichos econômicos, aproveitou-se do fator demográfico (e do *lobby*, como citado anteriormente) para alavancar a indústria. A manufatura de veículos no Brasil começou em meados da década de 1950 com apoio de um conjunto de incentivos governamentais (GUIMARÃES, 1980). Atingiu um progresso significativo durante o período militar, ainda apoiado por políticas de

¹ A janela de oportunidade (ou Bônus Demográfico) é o cenário demográfico em que a razão de dependência etária é baixa, ou seja, existem mais pessoas economicamente ativas do que do que a soma de crianças e idosos (ALVES, 2008).

estímulo à indústria. No que diz respeito a este progresso, a urbanização brasileira foi crucial para alavancar as vendas de veículos automotores.

O padrão de mobilidade da população brasileira vem passando por fortes modificações desde meados do século passado, reflexo principalmente do intenso e acelerado processo de urbanização e crescimento desordenado das cidades, além do uso cada vez mais intenso do transporte motorizado individual pela população (IPEA, 2016, apud CARVALHO, 2016).

Foram poucas as fases de flutuação na indústria. “A década de 80 foi um período de estagnação econômica no Brasil, afetando todo o seu setor industrial, inclusive a indústria automobilística” (SCARVADA E HAMACHER, 2001). Entretanto, “com uma nova política de atração dos investimentos da indústria automobilística iniciada em meados da década de 1990, o Brasil vem passando por outra fase de aumento do transporte individual motorizado. A capacidade de produção de automóveis e motocicletas mais que triplicou no período” (CARVALHO, 2016). Concomitantemente, as políticas de estímulo garantiram as vendas no período. O resultado desse breve histórico descrito é a deterioração das condições de mobilidade da população dos grandes centros urbanos, onde as políticas públicas foram ineficazes na adaptação de seus aparelhos de mobilidade para a transformação não-mercadológica do setor. A Figura 3 mostra a evolução da produção de veículos no Brasil ao longo das décadas.

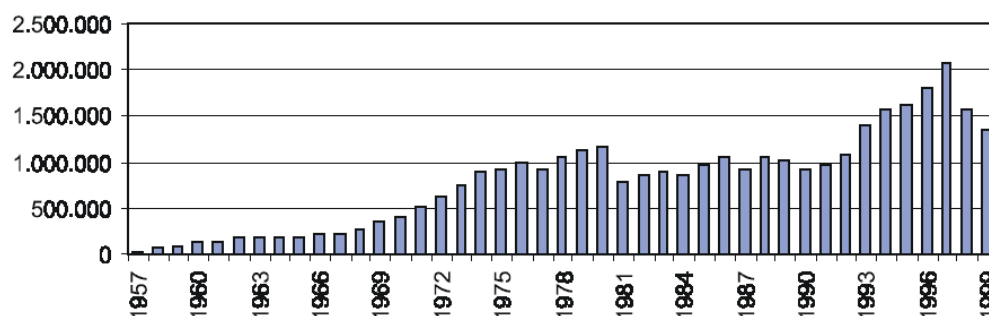


Figura 3. Evolução da Produção de veículos no Brasil.

Fonte: ANFAVEA, apud. Scavarda e Hamacher, 2001.

3. ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo deste trabalho compreende todas as vias que se encontram no perímetro delimitado pela avenida do Contorno, em Belo Horizonte. Sobre a capital mineira, é necessário mencionar alguns pontos sobre a história de seu planejamento, sobretudo dessa região que é popularmente conhecida apenas como “centro”. Belo

Horizonte foi pensada para ser a nova sede administrativa de Minas Gerais. Sua fundação aconteceu em 1897, e levou o nome de Cidade de Minas até 1901. O local do assentamento já era ocupado desde 1701 pelo Arraial Curral del Rei (BARRETO, 1995). O projeto para transformar a vila em uma capital foi liderado por Aarão Reis. Ele priorizava os aspectos técnicos e de infraestrutura, como a circulação, abastecimento de água, eletricidade e esgotamento sanitário (GUIMARÃES, *apud* MOTTA, 2012).

No projeto original, a cidade foi dividida em três áreas: urbana, suburbana e rural. A área urbana, delimitada pela Avenida 17 de Dezembro (atual Avenida do Contorno), tinha como características principais rígidas exigências urbanísticas, traçado simetricamente definido e ruas largas para favorecer a circulação – o que mostra a influência de Haussmann, engenheiro que projetou Paris. A área urbana seria, então, destinada aos prédios e espaços públicos e às residências dos funcionários públicos. A outra área, a suburbana, foi pensada para ser uma região residencial de segunda categoria (...) A área rural ficaria na periferia da cidade e seria uma espécie de “cinturão verde” (MOTTA, p. 128, 2009).

Um resultado notável dessa lógica de ocupação foi seu caráter segregacionista, onde a população pobre era compelida a ocupar áreas periféricas enquanto as classes economicamente mais altas usufruíam de uma proximidade maior dos centros comerciais e dos edifícios públicos. Tal lógica foi alvo de críticas de diversos autores opositores do planejamento positivista de Aarão Reis, a exemplo de Le Ven (1977). Apesar disso, com o passar das primeiras décadas, a utopia de se traçar a cidade com o rigor da régua, conforme descreve Julião (1992), cedeu espaço para a chamada desordem urbana. Mesmo com a delimitação das áreas operárias e constantes remoções de ocupações irregulares, a população de favelas e bairros do “além-Contorno” se multiplicou, tornando-se cada vez mais inviável o reordenamento urbano por parte do poder público. “Na cidade capital mineira nada poderia ser mais atraente do que um espaço modelar, disciplinado, com conceitos e condutas traçados para que se revelasse tudo e ensinasse como as relações entre coisas e pessoas deveriam ser” (PASSOS, 2016). Além da coerção estatal, a área central de Belo Horizonte era menos acessível pela valorização crescente de seus terrenos.

Com o crescimento industrial na capital nas décadas de 1940, 1950 e 1960, os bairros das zonas suburbana e rural cresceram em velocidade récorde. Os ônibus se popularizaram como meio de transporte comum para ligar o ainda pulsante centro às periferias. Segundo o documento *Histórias de Bairros*, do Arquivo Público de Belo Horizonte (2008),

Nas décadas de 1960 e 1970, a cidade continuou seu crescimento, com o surgimento de muitos bairros. O centro já estava repleto de grandes edifícios, que passaram a surgir também nos bairros vizinhos. No entanto, permanecia a diferença social entre a área central, com mais (sic) infra-estrutura, e a rede de bairros que se expandia na periferia, com poucos ou nenhum serviço urbano” (ARQUIVO PÚBLICO DE BELO HORIZONTE, p. 13, 2008).

A partir de então os bairros foram galgando relativa autonomia em relação ao centro. Esse processo não é exclusividade da história da capital mineira. A ascensão de novas centralidades é foco das análises de muitos estudiosos dos fenômenos urbanos, e em diversas cidades no mundo. “(...) houve certa perda de soberania da área central em detrimento ao fortalecimento das áreas não centrais a partir do surgimento de novas centralidades, que são expressões do processo socioespacial de descentralização” (ALVES, p. 171, 2011).

Todavia, o contínuo aumento do fluxo de veículos no centro da cidade² que foi verificado nas décadas seguintes até a atualidade, demonstrou que ele continuou sendo, disparado, o maior congregador de serviços e outras atividades econômicas em Belo Horizonte e, portanto, grande atrator de pessoas. Uma forma de constatar a manutenção de sua prevalência é através dos mapas a seguir. A figura 4, o mapa de densidade construtiva, que se refere à quantidade de edificações por lote, independente do tipo de atividade. A região centro-sul é a mais densa e, portanto, recebe o maior fluxo de pessoas ao longo do dia, especialmente em horário comercial, horário em que as lojas, escritórios, consultórios médicos e outros tipos de estabelecimentos funcionam. A figura 5, a verificação deste fenômeno; o mapa mostra através de uma simbologia de cores, as quais vermelho representa maior fluxo e verde menor fluxo, que a área central da cidade possui um trânsito bem mais intenso de veículos para o horário de início das atividades comerciais (oito horas da manhã) que nas demais regiões usadas com exemplo. Também pode-se deduzir presença trânsito intenso nas vias que direcionam o fluxo para o centro, como a Av. Cristiano Machado e Av. Dom Pedro II.

² Esse aumento no fluxo também é percebido em várias áreas da cidade, inclusive de algumas bastante afastadas do Centro.

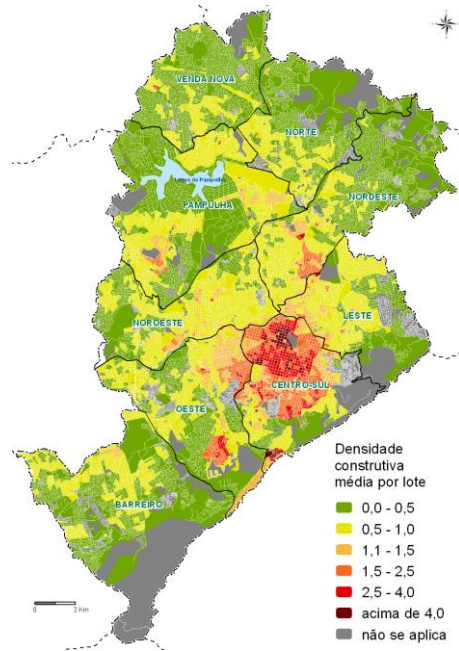


Figura 4. Mapa de densidade construtiva no município de Belo Horizonte para o ano de 2016 (Prefeitura de Belo Horizonte, 2016).

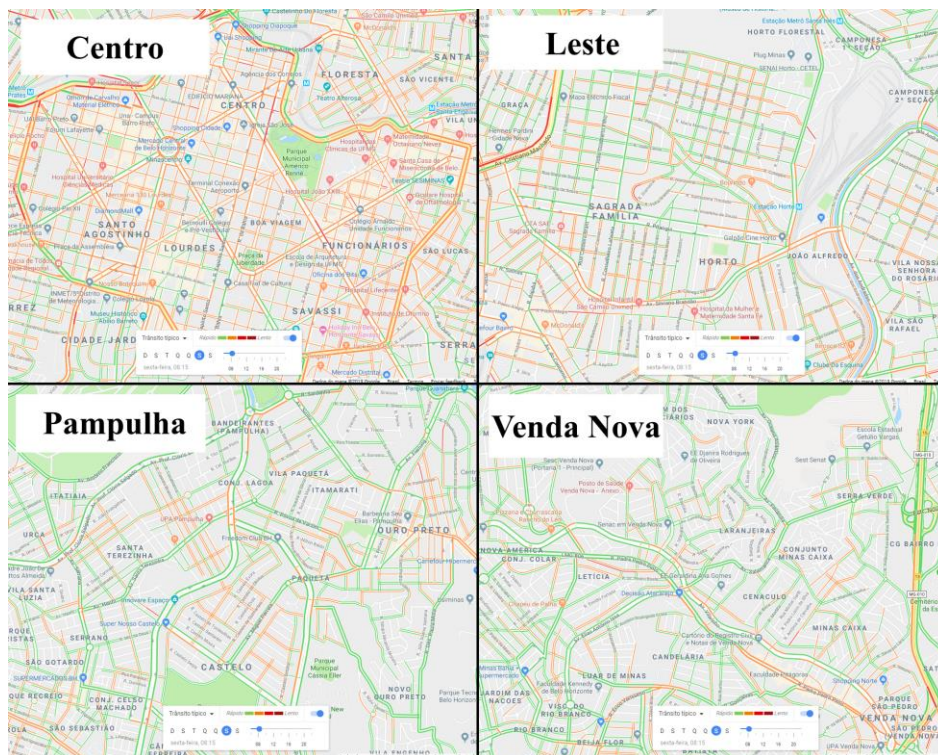


Figura 5. Screenshots de recortes de algumas regiões de Belo Horizonte com os dados de trânsito típico para sextas-feiras às oito horas da manhã (Google Maps, 2019).

Considera-se, portanto, que a região central de Belo Horizonte ainda carece de análises para maior compreensão desse fenômeno espacial que afeta diariamente seus habitantes. O próximo subcapítulo é dedicado a considerações relevantes acerca da mobilidade na capital mineira.

3.1. MOBILIDADE EM BELO HORIZONTE

O município de Belo Horizonte foi planejado por um corpo de engenheiros liderados por Aarão Reis. As maiores influências na concepção urbana de Belo Horizonte, outrora chamada de Cidade de Minas, foram os planos elaborados por L'Effant e Ellicot para cidade Washington, Estados Unidos (AGUIAR, 2006). Tratando-se especificamente da disposição de vias, “o esquema de L'Effant deu origem à sobreposição de malhas e avenidas que caracteriza a organização espacial da área urbana da Cidade de Minas” (AGUIAR, 2006, p. 123). A planta original da cidade (Figura 6) mostra claramente a sobreposição de malhas. Como primeira camada, tem-se um teia ortogonal de vias simples. Sobrepostas à elas, tem-se uma teia também ortogonal, porém com um ajuste na sua orientação, de maneira a formar ângulos de 45° quando seccionada pela primeira camada.

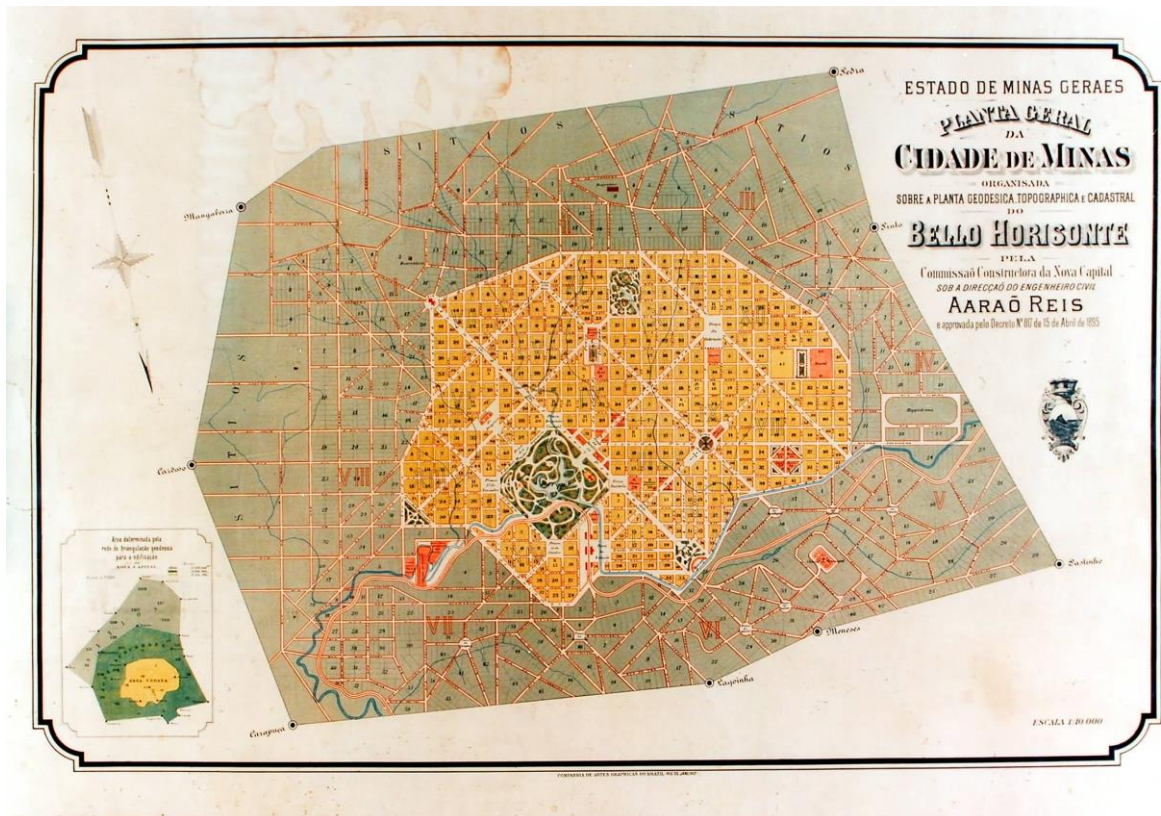


Figura 6. Planta original da cidade de Belo Horizonte

Fonte: Fonte: Arquivo Público Mineiro, 1895.

O escopo da escola de planejamento urbano na qual a CCNC (Comissão Construtora da Nova Capital) se baseou é privilegiar a circulação, racionalizando-se o fluxo. Contudo, com o aumento da população nas áreas suburbanas e rurais, não previsto pela comissão, o centro da cidade começou a enfrentar problemas de circulação. Em 1929, Cristiano Machado criticou o projeto, argumentando que a zona suburbana “afogava” o trânsito na região central, por onde o tráfego seguia por certas e determinadas vias que serviam de escoadouro (AGUIAR, 2006). A cidade continuou a se expandir nas décadas seguintes, e muitos foram os projetos da prefeitura para atenuar os problemas latentes da malha viária tanto da zona urbana quanto da suburbana. Um empreendimento chamado *Plano de Urbanização de Belo Horizonte*, atuante na década de 1940, destacou-se por “(...) criar condições que reforçassem a centralidade da área urbana, tornando-a mais densa e interrompendo a expansão desordenada da cidade” (AGUIAR, 2006), porém foi pouco efetiva.

Nas décadas seguintes o crescimento urbano e populacional continuou. O problema que antes era apenas de caráter municipal, passou a ser regional, e a prefeitura precisou articular propostas com os demais municípios da Região Metropolitana. Em meio a tantas tentativas e insucessos, a popularização do automóvel que passou a vigorar com a ascensão da indústria nacional veio somar ao caos urbano. Somente em 1986 começou a operar o metrô da cidade, que em 2015 contava com 240 mil passageiros diários e uma linha de 28 quilômetros (MEDEIROS, 2015). O fôlego foi passageiro e o caos no trânsito foi implacável. A prevalência do automóvel venceu mais uma vez na cidade planejada para ele. Um dos últimos empreendimentos do momento é o *Mobicentro*, que tem por objetivo aumentar a fluidez do trânsito, entre outras metas (BHTRANS, 2015). Assim como o *PedalaBH* e o *VIURBS*, tem-se mostrado uma medida paliativa que mais atribula a vida cotidiana dos transeuntes do que mitiga o problema da circulação.

3.2. MÉTODO DE COLETA DE DADOS

O *Google Maps* é um aplicativo desenvolvido pela *Google*® originalmente para computadores pessoais, mais tarde se tornando compatível também para *smartphones*. Foi lançado em 2005 como um poderoso “atlas” virtual com diversas camadas de informação,

mas sendo especializado em navegação, ou seja, com um denso banco de dados de malhas viárias para grande parte do mundo. Em 2007, a empresa anunciou o lançamento de uma nova função, o trânsito em tempo real.

There's nothing worse than getting stuck in traffic when you have some place to go, so I'm happy to tell you about a new feature on Google Maps that can help. For more than 30 major U.S. cities, you can now see up-to-date traffic conditions to help you plan your schedule and route. (...)We can't make traffic go away, but we hope Google Maps traffic info helps you avoid it whenever possible” (Google Official Blog, 2007).

A nova *feature* do aplicativo já era bastante inovadora, porém ainda não tinha atingido o máximo de seu potencial de uso em função dos *smartphones* ainda não serem tão robustos e populares na época de seu lançamento. Os usuários precisavam *planejar* a rota, conforme o *blog* oficial da empresa mencionou no artigo sobre o lançamento. Com a popularização dos *smartphones* na virada da década e o progresso da tecnologia de transmissão de dados como 3G e 4G, os usuários passaram a obter informações de trânsito e rotas em tempo real, literalmente durante as viagens.

Conforme novos usuários ingressavam no sistema do *Google Maps*, mais confiáveis os dados de trânsito em tempo real se tornavam, uma vez que eles são obtidos a partir dos próprios *smartphones*. Os usuários do aplicativo oferecem permissão para que seja coletada em tempo real sua localização. Dessa forma, ele consegue processar a velocidade de deslocamento de um aparelho e, conseqüentemente, a velocidade média com que veículos de uma determinada via estão se deslocando (STENOVEC, 2015).

O *Google Maps*, bem como seu irmão *Google Earth* (mais voltado para informações de uso do solo), foram sendo incorporados como fonte de dados preciosos em pesquisas de caráter espacialmente explícito. Lopes (2009) dedicou um subcapítulo inteiro de sua dissertação de mestrado para listar trabalhos acadêmicos em que o *Google Earth* foi utilizado como fonte de dados. Uma breve busca em *websites* de busca por conteúdo científico, como o *Google Scholar*, fornece diversos trabalhos que utilizaram o *Google Maps* como fonte primária de dados. Na área de tráfego, estudos utilizando dados desses *softwares* tem sido desenvolvidos, a exemplo de Baji (2018), que utilizou a plataforma para analisar características do fluxo de veículos nas vias do Terceiro Distrito de Budapeste, Hungria, como tempo gasto pelo veículos por quilômetro de via.

A coleta de dados deste estudo se dará através do *Google Maps*. A variável de interesse é a densidade de veículos por trecho de via, que é traduzida pelo aplicativo através das categorias de trânsito: muito lento, lento, moderado, leve. A intenção é desenvolver um método de coletar e armazenar esses dados. O *Google Maps* atualiza as informações em intervalos de tempo muito curtos, o que permite ser chamado de uma função de tempo real. Sendo assim, é possível definir intervalos de coleta bastante curtos, o que torna a base final de dados bastante completa. Foi definido, portanto, que o intervalo ótimo para coleta de dados é de cinco em cinco minutos. Tempos menores resultariam em dados muito redundantes, pois foi verificado que pouco se muda na informação atualizada no aplicativo. Tempos maiores resultariam simplesmente em uma amostragem menos completa. O período total de coleta de dados foi de trinta dias.

A única maneira de extrair a informação fornecida pelo aplicativo é através de imagens, ou seja, capturas de tela. De forma resumida, o processo requer que o computador pessoal esteja com o navegador aberto na página do *Google Maps* e que a camada de trânsito esteja habilitada. A área de interesse precisa estar centralizada e com a escala (*zoom*) suficientemente detalhada para exibir o máximo de informação. Como a coleta é feita de cinco em cinco minutos, também é necessário atualizar a página desse mesmo intervalo, e ir repetindo este ciclo de captura de tela e atualização da página. Não é necessário se preocupar com reenquadramento da área, uma vez que cada área acessada no aplicativo gera um *hiperlink* com suas coordenadas, ou seja, a atualização sempre retorna um *display* com a mesma área.

O desafio desse processo é torná-lo automatizado, afinal é humanamente inviável repetir dias a fio tal procedimento. É nesta etapa que entra o recurso oferecido pelo *software AutoHotkey*³ ®. O programa permite automatizar processos repetitivos no computador. Ele funciona da seguinte maneira: o usuário, através de uma linguagem própria, programa o *software* para pressionar uma ou mais teclas do computador em um definido intervalo de tempo. Basicamente seu trabalho é do que chamam em linguagem de informática de *bot*. Trazendo para os objetivos deste trabalho, assim que o navegador está aberto no *Google Maps*, basta “dizer” para o *AutoHotkey* que, de cinco em cinco minutos, pressione o botão F5 (atalho que atualiza a página), e de cinco em cinco minutos, sem

³ Traduzindo-se livremente o nome do *software*: Atalho Automático.

coincidir com o intervalo de atualização, pressione simultaneamente a tecla *Windows*⁴ e a tecla *PrintScreen* (atalho que captura a tela e salva em formato .png na pasta imagens/capturas de tela).

3.2.1. EDITANDO O *SCRIPT* DO AUTOHOTKEY

O programa funciona através de *scripts* que são salvos e, quando abertos, são lidos pelo programa para executarem as funções escritas em seu código. Uma forma rápida de criar um *script* (arquivo .ahk) é clicando com o botão direito na área em branco de um diretório, selecionar a opção “novo” e criar um novo *script*. Eles podem ser editados com editores comuns de texto, como bloco de notas. Para a finalidade deste trabalho foram criados dois arquivos .ahk; um para atualizar a página e um para capturar as telas.

O *script* para atualizar a página foi chamado de “autorefresh”, e ficou desta maneira:

```
#Persistent
SetTimer, PressTheKey, 300000
Return

PressTheKey:
Send, {F5}
Return
```

A função de cada termo é: “#Persistent” é para indicar que o código deve ser executado continuamente; “SetTimer” configura um *timer* que, no caso, é de 300.000 milisegundos (cinco minutos); “PressTheKey” é o nome de uma sub-rotina, ou seja, uma função qualquer que esteja indicada no código. Neste caso, “PressTheKey” é a subrotina que ativa a função “Send”, que, por sua vez, é responsável por pressionar a tecla F5; “Return” é simplesmente uma ordem de re-execução da subrotina.

O *script* para capturar a tela foi chamado de “autoprint”, e ficou desta maneira:

```
#Persistent
SetTimer, PressTheKey, 300000
Return

PressTheKey:
Send, #{PrintScreen}
Return
```

⁴ Válido apenas para computadores com sistema operacional *Windows*. No entanto, existem atalhos similares em outros sistemas que podem ser inseridos no *AutoHotkey*.

A lógica do último é exatamente a mesma do primeiro, mudando apenas os botões que se referem aos atalhos que se deseja acionar. O termo “, #`{PrintScreen}`” corresponde ao atalho “*Windows + PrintScreen*”. Para outros atalhos e funções que o usuário desejar implementar, o programa possui uma linguagem própria. Na *web* existem diversos fóruns e sites com os códigos, inclusive um manual oficial em várias línguas.

Depois de editados, resta apenas executar os *bots* com a página do *Google Maps* aberta e com o *display* devidamente enquadrado. É recomendado deixar o computador exclusivamente dedicado para o processo.

3.3. TRATAMENTO DOS DADOS, EXTRAÇÃO DE METADADOS E POSSIBILIDADES DE ANÁLISE

Passados os trinta dias de coleta, os *bots* foram encerrados e o número final de capturas de tela foi de 8.050 imagens. Este subcapítulo é dedicado, entre outros temas, à descrição do processo de transformação dos dados brutos (imagens) para dados tabulados. Para fins de organização, as imagens podem ser renomeadas conforme o usuário desejar através do procedimento: o primeiro arquivo deve ser selecionado e em seguida a tecla F2 pressionada; então poderá ser inserido o novo nome do arquivo, e assim que a tecla *Enter* for pressionada, todas os demais arquivos da pasta serão renomeados com o mesmo nome e sua respectiva numeração.

As variáveis de interesse que estão contidas nas imagens são as categorias de densidade de fluxo de trânsito e o dia/horário da *screenshot*. Para tabulação dos dias/horários, foi realizado o seguinte procedimento:

- I) Como todo arquivo, as imagens possuem uma série de metadados, sendo um deles o dia e a hora da criação do arquivo (momento em que ele é salvo). No caso, o momento de salvamento do arquivo corresponde ao horário de consulta no *Google Maps*. O primeiro passo é clicar na pasta onde estão as imagens com o botão direito e a tecla *Shift* pressionada. Isso dará a opção de abrir a janela de comando.
- II) Com a janela de comando aberta, basta inserir o comando “`dir > dirlist.txt`” (sem as aspas) e executá-lo com *Enter*.

- III) Um arquivo .txt é criado na mesma pasta com os metadados. Basta que ele seja transformado em uma planilha no editor de planilhas desejado. No caso, o arquivo .txt foi aberto e tabulado em *Excel*. A configuração final é: na primeira coluna, o nome do arquivo; na segunda coluna, o dia de criação; e na terceira coluna, a hora de criação. Por fim, os horários foram arredondados para intervalos exatos de cinco em cinco minutos (ex: 10:05, 10:10, 10:15, etc), para facilitar a seleção de horários durante a sumarização dos dados.

Para que o estudo avançasse para as análises, restava apenas a extração da variável de maior interesse, que até o momento não passava de um punhado de pixels codificados por uma matriz RGB. A esta altura, foi testada a possibilidade de análise matricial, ou seja, rodar a análise em um ambiente de SIG, onde as imagens seriam georreferenciadas e seus códigos RGB fossem classificados dentro das categorias de trânsito, para que, enfim, funções de álgebra de mapas pudessem ser empregadas. O grande desafio deste procedimento é automatizá-lo para uma enorme quantidade de imagens. Trata-se basicamente de criar um modelo pela ferramenta disponibilizada pelo *software* ArcGIS, chamada *ModelBuilder*. As etapas que o modelo reproduziria foram testadas com algumas imagens aleatórias:

- I) Um problema apresentado pelas imagens foi a quantidade de pixels similares que deveriam na verdade serem iguais, com o mesmo RGB. Isso dificulta a classificação da imagem, uma vez que a classificação deve ser rodada apenas com uma banda (*Red*, *Green* ou *Blue*), e *pixels* de classes diferentes estavam sendo colocadas na mesma classe. A figura 7 mostra com mais nitidez porque isso acontece. Como também não foram encontrados modelos de transformação de RGB para valor único de cor, o meio encontrado foi tratar a imagem em um editor de imagem⁵, fazendo com que os *pixels* similares adquirissem todos o mesmo RGB e a classificação tivessem maior sucesso. Este processo por si só mostra um grande problema a ser enfrentado em um projeto com mais de oito mil imagens.

⁵ O editor de imagem oferece uma ferramenta chamada *Magic Wand*, que permite o usuário identificar e selecionar cores similares, para depois transformá-las numa cor única. Tal ferramenta funciona através de um modelo de *cluster* realizado com os códigos de RGB, agrupando os pixels similares.

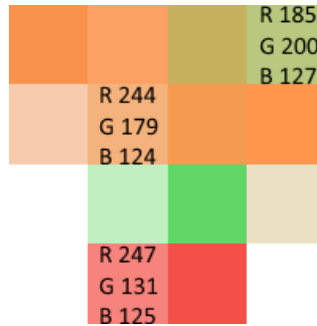


Figura 7. Exemplo de *pixels* e seus códigos RGB.

Fonte: *Google Maps* e autor.

- II) Depois de tratadas, as imagens podem ser georreferenciadas. As coordenadas das imagens devem ser exatamente a mesma para resultar em uma sobreposição ajustada.
- III) As imagens podem, enfim, serem classificadas conforme os intervalos desejados da banda escolhida. Depois disso, o modelador estaria apto para realizar operações matemáticas com os arquivos .tif que resultariam desse procedimento.

A análise matricial é um caminho possível, porém tecnicamente bastante complicado, até mesmo em função da limitação de *hardware*. Sendo assim, o tipo de análise escolhido foi categórica. O *Google Maps*, além de fornecer a situação de trânsito das vias em particular, também fornece um panorama do trânsito na área enquadrada no display. A informação aparece lateralmente quando a camada de trânsito está ativada.

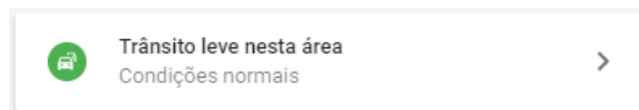


Figura 8. Exemplo de panorama do trânsito.

Fonte: *Google Maps*.

A *Google* não informa como esse indicador sintético é calculado para área, porém, analisando supervisionadamente, percebe-se um resumo fiel das condições de trânsito da área em questão.

3.4. EXTRAINDO O PANORAMA DO TRÂNSITO DAS IMAGENS E SUMARIZAÇÃO DOS DADOS

Existem três classes na variável de interesse, a qual está sendo chamada de panorama: trânsito leve (verde/0), trânsito moderado (amarelo/1) e trânsito lento

(vermelho/2). A forma de tabular as categorias (inserir os respectivos panoramas do trânsito para cada linha que corresponde a uma imagem) poderia ser manual. Levando em consideração a quantidade de imagens e o foco do trabalho em automatizar processos, utilizou-se novamente o *AutoHotkey*.

Tendo a pasta com as imagens aberta e a planilha também, eis a lista de operações que o *script* deve executar para automatizar o processo: I) pressionar *Enter* para abrir⁶ a imagem no editor de imagens; II) pressionar *K* para selecionar a ferramenta de identificação de RGB (selecionador de cores); III) clicar com o botão direito do *mouse* nas coordenadas onde se encontra a cor que representa o panorama do trânsito; IV) clicar duas vezes no campo com o valor do *red*; V) pressionar *Ctrl+C* para copiar o valor; VI) pressionar *Alt+F4* para fechar a imagem; VII) pressionar *Alt+Tab* para maximizar a janela da planilha no *Excel*; VIII) pressionar *Ctrl+V* para colar o valor; IX) pressionar *Enter* para alternar a seleção para a célula de baixo; X) pressionar *Alt+Tab* para maximizar a janela da pasta com as imagens; XI) pressionar *right arrow* para alternar a seleção da imagem para a próxima. E então todo o processo se repete até que o a planilha esteja devidamente preenchida. A identificação de cores e a inserção dos valores do eixo vermelho do RGB é uma forma de dizer ao computador qual é a categoria, uma vez que ele é incapaz de depreender informações qualitativamente como os humanos. Depois de preenchida a planilha, os valores do eixo vermelho do RGB foram transformados nas categorias do panorama de trânsito citados anteriormente. O *script*⁷ ficou da seguinte forma:

| | |
|-------------------------------|--|
| CoordMode, Mouse, Screen | Configura as coordenadas da tela |
| loop 8050 | Indica repetição dos comandos entre { } 8050 vezes |
| { | |
| sleep, 1000 | Cria uma pausa de 1 segundo |
| send, {enter} | Pressiona <i>Enter</i> |
| sleep, 2000 | Cria uma pausa de 2 segundos (para carregar a imagem) |
| send, {k} | Pressiona o atalho <i>k</i> , que seleciona a ferramenta de seleção de cor |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseClick, Left, 198, 311 | Clica no pixel que contém a informação desejada |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseClick, Left, 401, 509 | Clica na ferramenta |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseClick, Left, 558, 467, 2 | Clica duas vezes no valor do eixo <i>red</i> |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| send, ^c | Pressiona o atalho de copiar |

⁶ O programa padrão selecionado para abrir as imagens precisa ser um editor de imagem. Neste trabalho foi utilizado o *software* gratuito *Paint.net*.

⁷ É possível ver o *script* sendo executado neste *hyperlink*: https://youtu.be/FOXOy0EY_vk.

| | |
|------------------------------|---|
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseMove, 100, 100 | Afasta o cursor do mouse |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| send, !{f4} | Fecha a imagem |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseClicked, Left, 497, 751 | Maximiza a janela da planilha de <i>Excel</i> |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| send, ^v | Cola o valor do eixo <i>red</i> na célula |
| sleep, 100 | Cria uma pausa de 0,1 segundo |
| send, {enter} | Avança a seleção para a célula de baixo |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| MouseClicked, Left, 356, 749 | Maximiza a janela da pasta com as imagens |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| send, {Right} | Avança a seleção para a próxima imagem |
| sleep, 500 | Cria uma pausa de 0,5 segundo |
| } | |
| Return | |

Com a planilha completa⁸, os dados foram sumarizados em diversos aspectos e recortes de interesse para fins de análise. Os resultados e os gráficos que os representam são mostrados no capítulo 4.

3.5. REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL

O modelo considerado mais adequado para o escopo deste estudo é a regressão logística multinomial⁹. Ela possui caráter analítico e foi desenvolvida para ocasiões em que a variável dependente é categórica ou ordinal, como os dados em questão, ou seja, a variável resposta é a densidade de fluxo, cujas observações são contempladas por 3 classes (0, 1 e 2), e a variável independente são recortes de horários feitos durante um dia. Os recortes, ou intervalos de horários, são: de 6:30 horas às 10 horas (*rush* matutino); de 10 horas às 16:30 horas (interlúdio); de 16:30 horas às 20 horas (*rush* vespertino). Os intervalos foram definidos com base na sumarização dos dados, tema abordado no item posterior. Foram inclusos na análise apenas dias úteis, restando uma amostra de 5308 observações. O modelo de regressão logística multinomial pode ser entendido como um modelo linear generalizado. Dado que as categorias de uma variável resposta, Y , são codificadas em 0, 1, ou 2, para desenvolver o modelo, assume-se que se têm “ p ” covariáveis e um termo constante, especificado pelo vetor x , de extensão $p+1$. Duas funções logísticas são, assim, especificadas:

⁸ O tempo de execução do *script* foi de aproximadamente 27 horas.

⁹ Fórmulas do modelo retiradas de *Applied logistic regression* (HOSMER, LEMESHOW, 1989).

$$g_1(x) = \ln \left(\frac{P(Y = 1|x)}{P(Y = 0|x)} \right) = \beta_{10} + \beta_{11}x_1 + \beta_{12}x_2 + \dots + \beta_{1n}x_n$$

$$g_2(x) = \ln \left(\frac{P(Y = 2|x)}{P(Y = 0|x)} \right) = \beta_{20} + \beta_{21}x_1 + \beta_{22}x_2 + \dots + \beta_{2n}x_n$$

Com isso, verifica-se que as probabilidades condicionais das categorias da variável Y são dadas por:

$$P(Y = 0|x) = \frac{1}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}}$$

$$P(Y = 1|x) = \frac{e^{g_1(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}}$$

$$P(Y = 2|x) = \frac{e^{g_2(x)}}{1 + e^{g_1(x)} + e^{g_2(x)}}$$

Os valores dos parâmetros β_{1i} e β_{2i} , observados respectivamente em $g_1(x)$ e $g_2(x)$, são estimados a partir da maximização da função de verossimilhança, cuja forma logarítmica condensada pode ser expressa por:

$$L(\beta) = y_{1i} g_1(x_i) + y_{2i} g_2(x_i) - \ln(1 + e^{g_1(x_i)} + e^{g_2(x_i)})$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados existem diversos recortes possíveis para sumarização. Neste subitem estão compilados alguns deles através de tabelas e gráficos, além do resultado da regressão logística multinomial.

A coleção de gráficos expressa pela Figura 9 mostra como a incidência da categoria de trânsito intenso e moderado progride à medida em que o recorte de intervalo avança. Também mostra a proporção de cada uma das categorias. Como esperado, o trânsito de padrão congestionado e lento foi percebido através do terceiro gráfico da Figura 9, auxiliado pelas informações da Tabela 1.

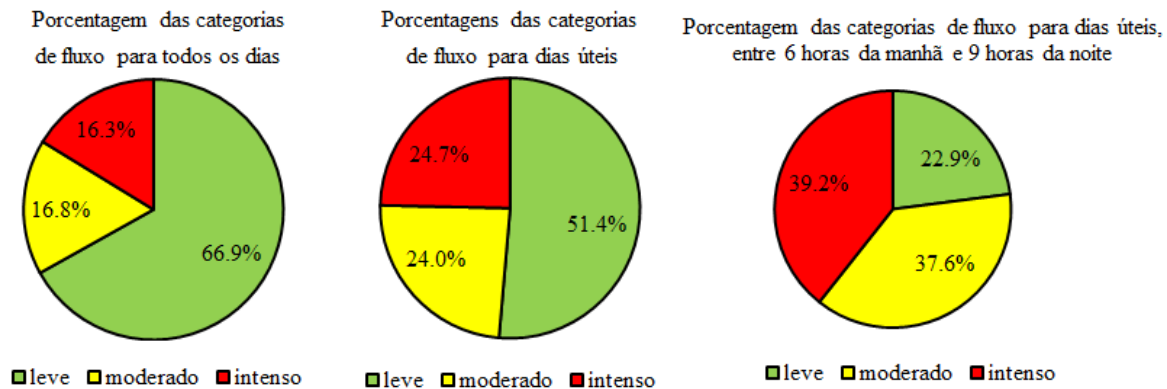


Figura 9. Gráficos com as porcentagens das categorias de fluxo por recorte de tempo.

Fonte: *Google Maps* e autor.

Tabela 1. Média das categorias de trânsito (1, 2 e 3) por recorte e desvio padrão.

| | Média | Desvio Padrão |
|--------------------------------------|-------|---------------|
| Todos os dias | 1.49 | 0.75 |
| Dias úteis | 1.73 | 0.83 |
| Dias úteis entre 6hrs e 21hrs | 2.16 | 0.77 |

Fonte: *Google Maps* e autor.

Os recortes de horários feitos nos gráficos da Figura 9 servem para mostrar como de fato os dados coletados via *Google Maps* são capazes de exprimir uma informação factível acerca do trânsito quando analisadas em conjunto, e não apenas como uma informação momentânea de suporte ao usuário. O avanço da categoria “intenso” ao longo dos gráficos é evidência dessa constatação e corrobora para a validação do aplicativo enquanto fonte segura de coleta de dados.

As figuras de 10 a 16, na sequência, exibem a porcentagem de cada categoria de trânsito por horário. O que se percebe de maneira geral para dias úteis é a prevalência do trânsito leve em horários não comerciais, a prevalência de trânsito intenso para horários tidos como “de pico”, ou seja, começo e fim de horário comercial, e uma alternância entre leve e moderado durante o horário comercial.

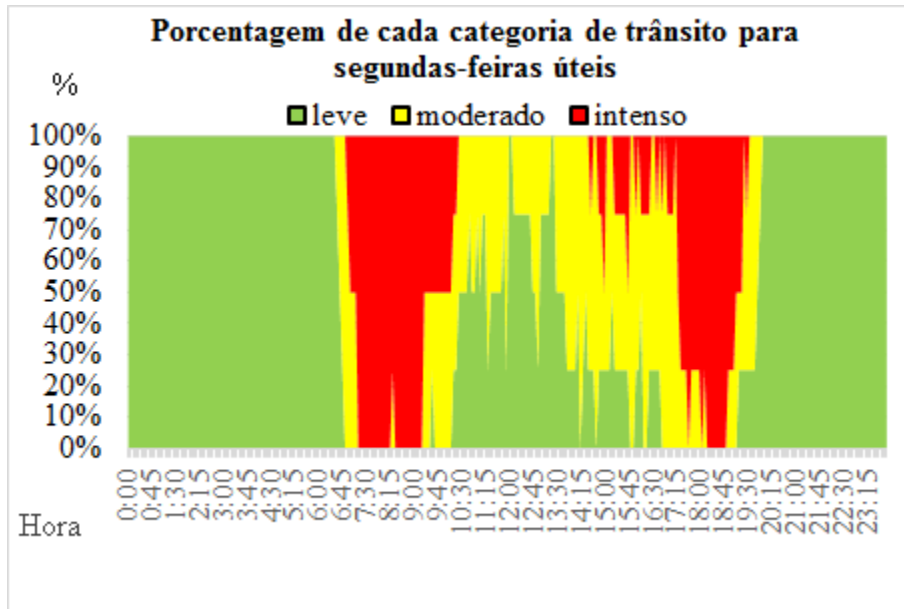


Figura 10. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para as segundas-feiras úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

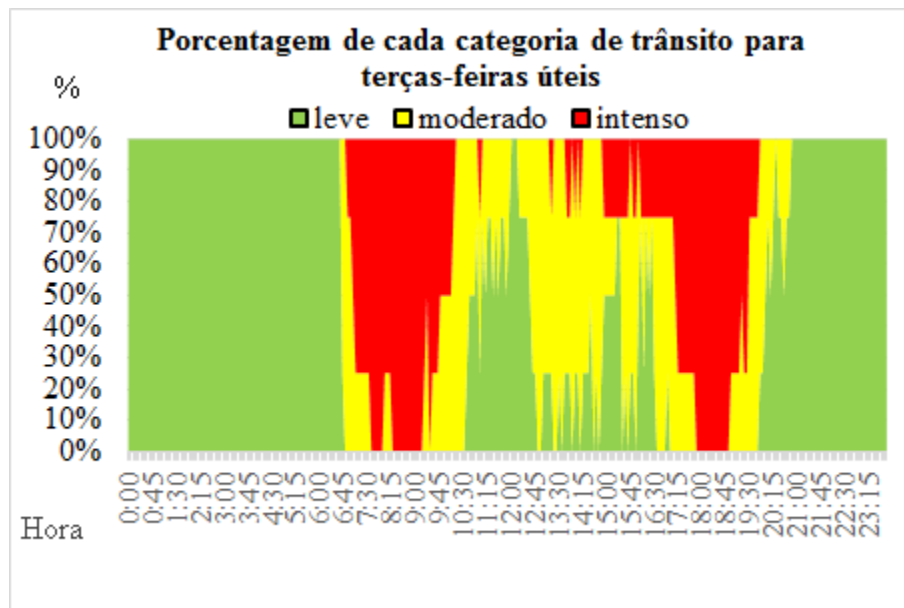


Figura 11. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para as terças-feiras úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

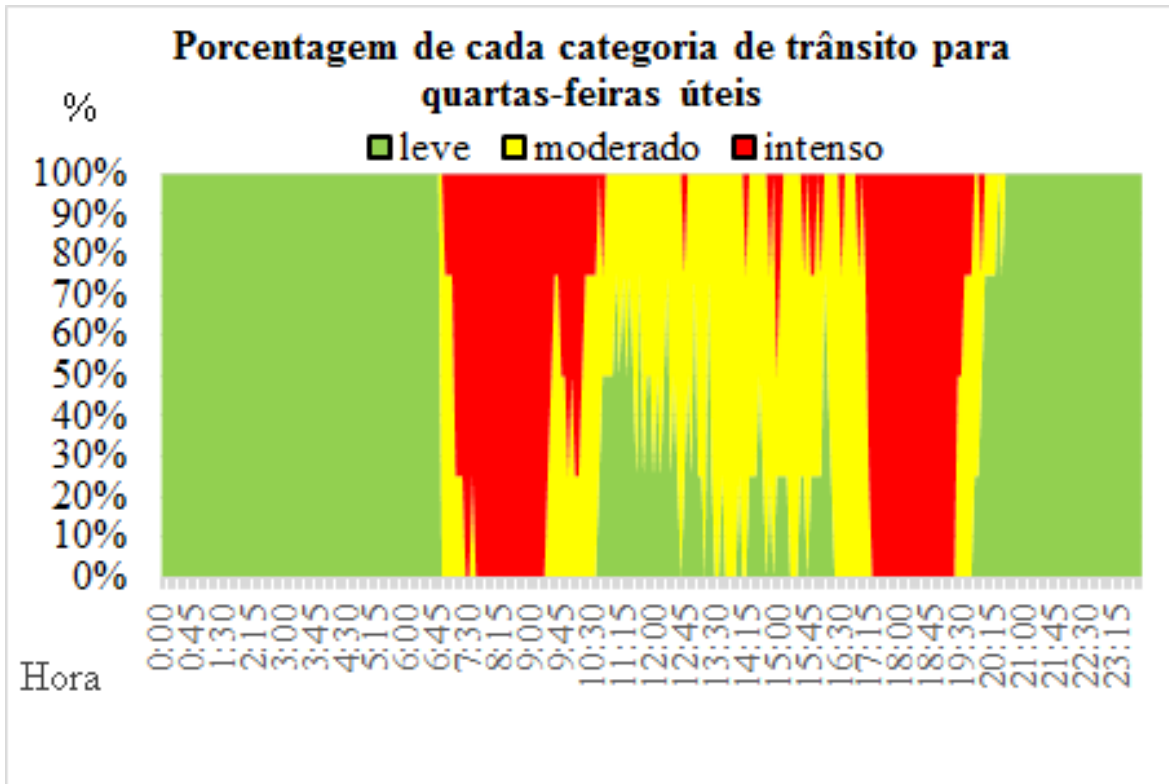


Figura 12. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para as quartas-feiras úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

Quanto ao comportamento do trânsito em particular para cada dia útil, pouca diferença é notada. Pode-se afirmar que não existe um dia mais favorável para o deslocamento no centro da cidade. No entanto, o que mostram os dados é que as quintas-feiras tendem a ser o dia mais conturbado da semana na capital. A área em vermelho no gráfico (Figura 13) é ligeiramente maior que nos demais dias. O intervalo de trânsito intenso no fim de horário comercial é mais longo, começando aproximadamente às 15 horas e encerrando depois das 20 horas. Isso quebra a expectativa de que sextas-feiras (Figura 14) costumam ser os dias de pior trânsito.

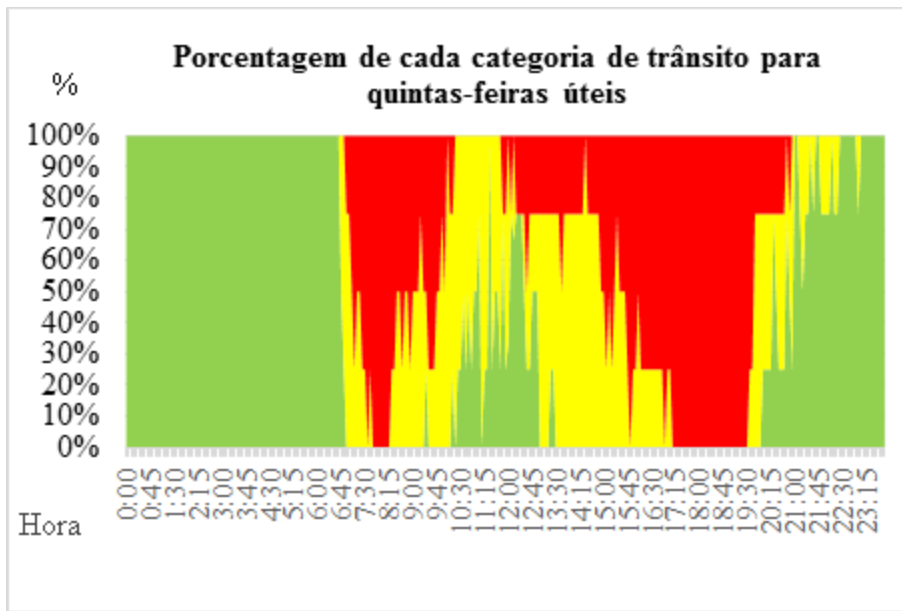


Figura 13. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para as quintas-feiras úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

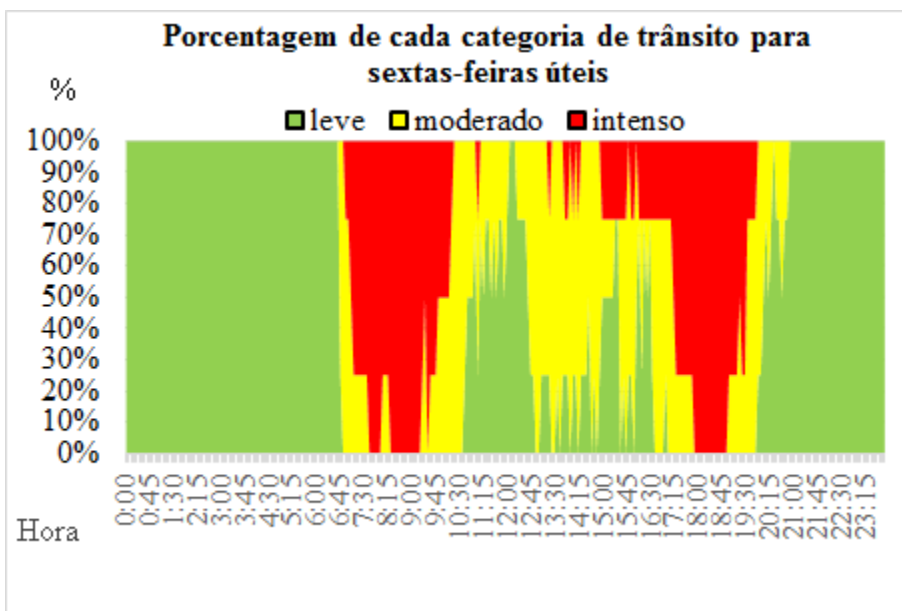


Figura 14. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para as sextas-feiras úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

Outros apontamentos que podem ser feitos sobre o trânsito no centro da capital em dias úteis (Figura 15): o horário de início da ascensão do fluxo de entrada é 6:40, com pico às 8, e fim às 10:30; o horário de início ascensão do fluxo de saída é mal definido, provavelmente pelo fato de que o período da tarde apresenta trânsito que não corresponde

necessariamente a movimento de saída. O pico acontece às 18:40 e o fluxo de saída se encerra às 20:50.

Tais constatações suscitam algumas discussões sobre mobilidade e planejamento urbano. Uma delas é a ausência/precariedade de opções de deslocamento no interior dos limites definidos pela av. do Contorno. Já existem modelos de mobilidade sendo empregados em outros centros urbanos ao redor do mundo que consistem em incentivar os usuários a não adentrar com os veículos na região central e se deslocar internamente com opções modais. O horário típico do almoço e o restante da tarde, intervalo no qual os indivíduos tendem a sair de seus postos de trabalho e circular internamente, apresenta uma variação no fluxo que poderia ser atenuado com alternativas ao transporte motorizado individual. Outra discussão suscitada é sobre a capacidade de atendimento à demanda por parte das vias de acesso do centro. Embora a análise não ponha em questão a velocidade média dos veículos, pode-se fazer apontamentos acerca desse indicador a partir do gráfico da Figura 15. A demora do descongestionamento da região, percebida entre os horário de 18 horas e 20:30 horas, está relacionada à lentidão do trânsito em várias vias do centro, mas especialmente nas vias que coletam o fluxo para as principais avenidas de saída/entrada, como a av. Cristiano Machado, av. Antônio Carlos, av. Dom Pedro II, av. dos Andradas, av. Nossa Senhora do Carmo, entre outras.

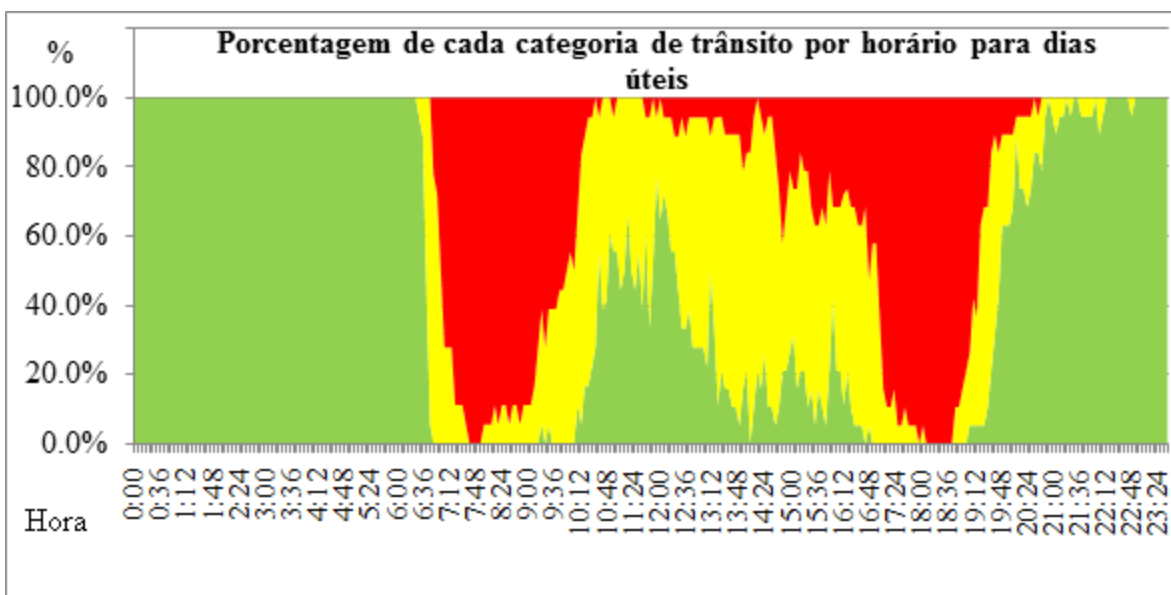


Figura 15. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para todos os dias úteis.

Fonte: Google Maps e autor.

A dinâmica do trânsito no centro da capital mineira apresenta dois picos marcantes, conforme foram descritos anteriormente: um fluxo intenso de entrada e um fluxo intenso de saída. O fluxo de entrada mostra-se mais bem definido no gráfico da Figura 15, enquanto o de saída parece ir se desenrolando mais gradualmente até se configurar de fato um horário de pico. Provavelmente são aspectos resultantes das características de jornada de trabalho dos mais diversos trabalhadores do centro da cidade, uma vez que a região congrega uma variedade considerável de tipos de atividade econômica. Em suma, se fosse isolada na análise uma região marcada pela prevalência de uma atividade econômica, possivelmente a dinâmica do fluxo fosse mais bem definida.

Dias não-úteis¹⁰ (Figura 16) se mostraram dentro da expectativa: ampla incidência de trânsito leve e ocorrência pontual de trânsito moderado e intenso. O período entre 10:30 e 14 horas apresentou maior fluxo, provavelmente em função de três fatores: I) a feira da av. Afonso Pena (Feira Hippie), que acontece aos domingos; II) o horário comercial mais praticado aos sábados, que vai de 9 às 13 horas; III) e o movimento do horário de almoço no centro¹¹ da cidade, onde existem vários estabelecimentos como restaurantes e bares.

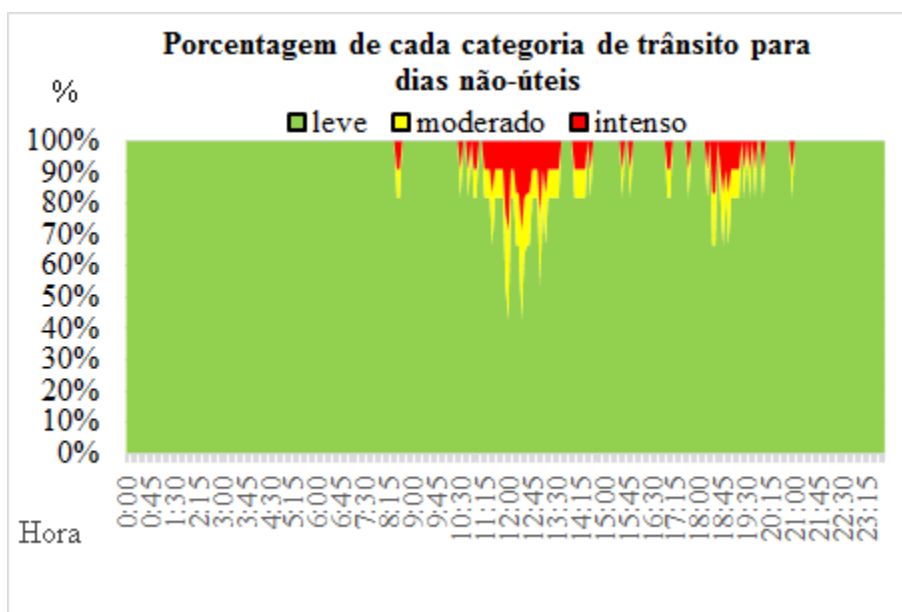


Figura 16. Gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para todos os dias não-úteis.

¹⁰ Sábados, domingos e feriados foram classificados como dias não-úteis. Os feriados contemplados pelo período de amostra foram o dia 12 de outubro (dia de Nossa Senhora Aparecida) e 02 de novembro (dia de Finados).

¹¹ O termo “centro da cidade”, na ocasião, se refere a toda área dentro do perímetro da av. do Contorno. O principal polo de alimentação no centro fica mais ao sul, nos bairros da Savassi, Santo Antônio e Lourdes.

Fonte: *Google Maps* e autor.

A Figura 17 combina o gráfico das categorias de trânsito para dias úteis com o gráfico variação do desvio padrão ao longo do dia. Os valores mais altos de desvio padrão acontecem no interlúdio dos fluxos de entrada e saída. O cruzamento das informações serve para mostrar, em certa medida, o quão certo ou incerto pode ser o trânsito em um determinado horário, a exemplo do período da tarde, em que a dinâmica se mostra mais errante, caracterizada por deslocamentos internos e início de fluxo de saída.

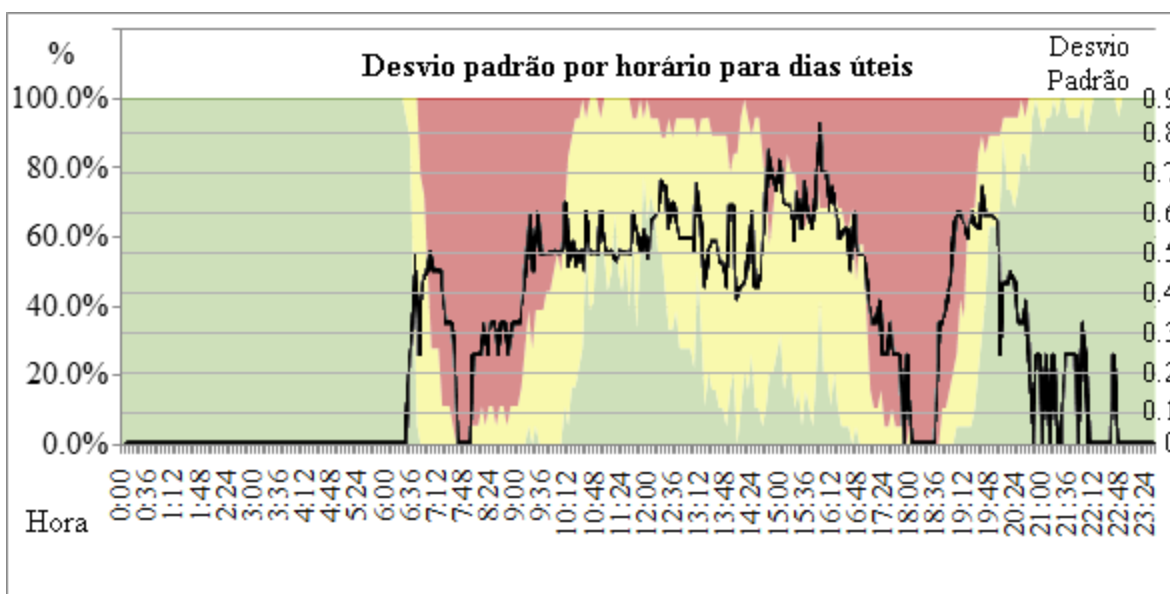


Figura 17. Gráfico do desvio padrão das categorias de fluxo por horário para dias úteis, sobreposto ao gráfico com as porcentagens das categorias de fluxo por horário para todos os dias não-úteis.

Fonte: *Google Maps* e autor.

4.1. REGRESSÃO LOGÍSTICA MULTINOMIAL: RESULTADOS

Conforme sintetiza a tabela 2, o modelo de regressão logística multinomial apresentou-se ajustado, tendo em vista os parâmetros estatísticos resultantes. Para cada uma das covariáveis obteve-se um valor p de significância menor que 0,0001. Em relação ao teste da razão de verossimilhança, obteve-se o valor de Q^2 igual a 5153 ($p < 0,0001$), bem como elevados indicadores de pseudo- R^2 (Cox e Snell = 0,618; Nagelkerke = 0.708). Tem-se, portanto, que as categorias de análise da amostra coletada são bastante significativas e as classes são substancialmente diferentes entre si. A Tabela 2 também mostra a razão de chance (*odds ratio*) de ocorrências de categorias de intensidade de fluxo

por faixa de horário e seus limites superiores e inferiores (considerando intervalo de confiança de 95%).

Os *Odds Ratios* correspondem à probabilidade de ocorrência de uma classe sobre outra em determinado período do dia, sobre a probabilidade de ocorrência de uma classe sobre outra em outro determinado período do dia. Por exemplo, como se verifica na tabela, a chance de ocorrer um trânsito intenso em relação ao trânsito leve durante o período de *rush* vespertino é 2872 vezes maior que a chance de ocorrer trânsito intenso em relação ao trânsito leve no período da noite/madrugada.

Tabela 2. Dados relativos à Regressão Logística Multinomial

| Classe* | Período | B | Frequência | % no Período | <i>Odds Ratio</i> | Limite S. | Limite I. |
|---------|------------------------|------|------------|--------------|-------------------|-----------|-----------|
| 1 | Noite/Madrugada | - | 2222 | 96,7% | - | - | - |
| | <i>Rush</i> Matutino | - | 62 | 8,0% | - | - | - |
| | Interlúdio | - | 411 | 28,5% | - | - | - |
| | <i>Rush</i> Vespertino | - | 31 | 3,9% | - | - | - |
| 2 | Noite/Madrugada | -3,6 | 61 | 2,6% | - | - | - |
| | <i>Rush</i> Matutino | 4,6 | 173 | 22,4% | 101,6 | 69,1 | 149,5 |
| | Interlúdio | 4,3 | 834 | 57,9% | 73,9 | 55,8 | 97,8 |
| | <i>Rush</i> Vespertino | 5,5 | 206 | 25,8% | 242,1 | 153,5 | 381,6 |
| 3 | Noite/Madrugada | -5,1 | 14 | 0,6% | - | - | - |
| | <i>Rush</i> Matutino | 7,2 | 538 | 69,6% | 1377,2 | 765,3 | 2478,4 |
| | Interlúdio | 4,3 | 195 | 13,5% | 75,3 | 43,3 | 130,8 |
| | <i>Rush</i> Vespertino | 8,0 | 561 | 70,3% | 2872,2 | 1517,7 | 5435,5 |

Fonte: *Google Maps* e autor

* A classe de referência no modelo é 1.

Outro *output* do modelo são as probabilidades de ocorrência para cada uma das observações. Com essas probabilidades é possível gerar um gráfico (Figura 18) alusivo ao gráfico da Figura 15, em que estão contidas informações acerca do comportamento do trânsito ao longo do dia, porém na forma de probabilidades.

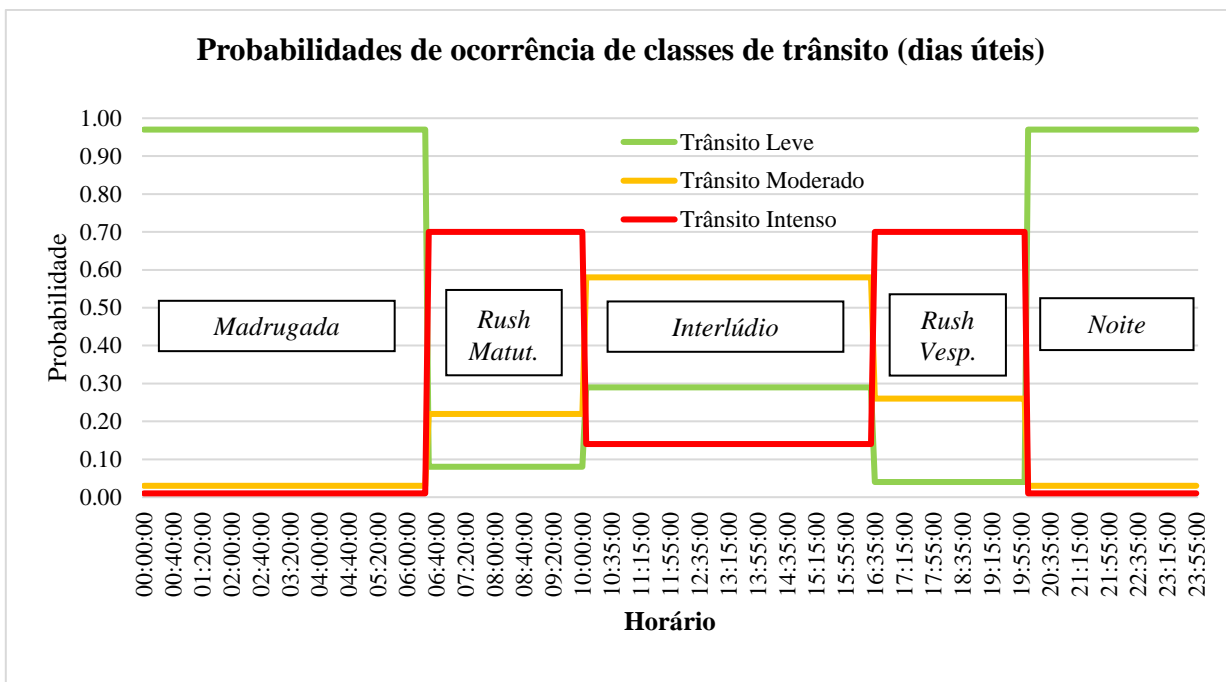


Figura 18. Gráfico das probabilidades de ocorrência de classes por horário (dias úteis)

Fonte: Google Maps e autor.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa apontam com alguma precisão as características do trânsito no centro da capital, embora não haja grandes surpresas em relação ao que o transeunte típico presencia diariamente. A importância desse tipo de análise, entretanto, é detectar certas minúcias do fenômeno, tais como a maior intensidade do fluxo às quintas-feiras, a variação da intensidade do fluxo no período entre picos, medidas mais precisas dos horários delimitadores dos picos de trânsito, ou a que taxa o trânsito tende a piorar em função do tempo (análise realizada através da regressão linear). Entretanto, existem outras abordagens possíveis que levem em conta diversos fatores desprezados na ocasião por razão de simplicidade, tais como variáveis externas (acidentes, chuva...), autocorrelação temporal, entre outros.

Retomando as discussões iniciadas na introdução do trabalho, foi confirmado que o centro de Belo Horizonte ainda é o destino¹² mais popular no dia-a-dia dos habitantes da

¹² A constatação é bastante clara na última pesquisa origem-destino (Prefeitura de Belo Horizonte, 2012). Vários indicadores na pesquisa apontam para a permanência do centro de Belo Horizonte como o maior destino da Região Metropolitana, apesar de uma leve descentralização em relação à pesquisa de 2002.

capital e região. Somando-se a esse problema, o belo-orientino é bastante adepto ao transporte individual motorizado, o que resulta em um trânsito de intensidade indesejada. É possível discutir também acerca da qualidade viária, no que se refere à origem do fluxo, demanda, e aparelhos reguladores do tráfego. Essas são outras variáveis também passíveis de serem analisadas, que não foram contempladas neste estudo. Fica claro que Belo Horizonte precisa urgentemente revitalizar o sistema de locomoção, o que não significa necessariamente ampliar vias, criar novos caminhos ou modificar os sentidos de fluxo. O cerne da questão é, e continuará sendo por um bom tempo, pelo menos enquanto o governo subsidiar a indústria automobilística, a quantidade de veículos e a cultura associada ao fenômeno.

Acredita-se que a metodologia utilizada pode ser replicada em outras áreas urbanas, desde que observados possíveis fatores peculiares que podem exigir ajustes mais ou menos severos no modelo. O sistema de automação de atividades computadorizadas pode auxiliar pesquisas não somente no estudo do tráfego. Tecnicamente, pode auxiliar qualquer processo realizado em computador. No que diz respeito à coleta de dados espaciais, foco deste trabalho, outros tipos de dados podem ser coletados através do sistema desenvolvido. É óbvio que podem ser incorporadas novas tarefas automáticas para melhor atender a demanda do pesquisador.

Sobre a análise realizada com os dados coletados, a forma qualitativa ofereceu a vantagem de ser tecnicamente mais viável, entretanto já existem formas de operar um modelo quantitativo em ambiente SIG, utilizando álgebra de mapas de forma relativamente automatizada. A vantagem dessa alternativa é trabalhar com informações não resumidas, como é o panorama oferecido pelo *Google Maps*, ou seja, trabalhar com o dado contido em cada pixel, cada qual com sua coordenada. Em vez de resultar em um grande panorama do trânsito no centro da capital, resultaria em informações mais precisas sobre o trânsito em cada uma de suas vias.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Flávio Rodrigues de Aguiar. *Vastos Subúrbios da Nova Capital: Formação do Espaço Urbano da Primeira Periferia de Belo Horizonte*. 2006. Tese (Programa de Pós-graduação em História), Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ALVES, a transição demográfica e a Janela de Oportunidade. São Paulo: *Instituto Fernand Braudel de Economia Mundial*, 2008.

ALVES, L. Reestruturação urbana e criação de novas centralidades: Considerações Sobre os Shoppings Centers. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia: v. 12, n. 37, p. 171 – 184, 2011.

ANFAVEA. **Anuário estatístico da indústria automobilística brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 1999.

ARQUIVO PÚBLICO DE BELO HORIZONTE. Histórias de bairros [de] Belo Horizonte : Regional Centro-Sul. Coord: ARREGUY e RIBEIRO, 2008.

BAJI, P. Using Google Maps road traffic estimations to unfold spatial and temporal inequalities of urban road congestion: A pilot study from Budapest. *Hungarian Geographical Bulletin*, v. 67, n.1, p. 61-74, 2018.

BARRETO, Abílio. Belo Horizonte: memória histórica e descritiva - história antiga e história média. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1995.

BHTRANS. Relatório/Diagnóstico do Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte, 2017.

CARVALHO, H. R. C. Desafios da Mobilidade Urbana no Brasil. IPEA, 2016.

CHOAY, Françoise. *O urbanismo*. 5ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

COSTA, E. S. A cidade do automóvel: relações de influência entre o carro e o planejamento urbano modernista em Florianópolis. 2014. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DAVIS, K. The Origin and Growth of Urbanization in the World. *The American Journal of Sociology*, v. 60, p. 429-437, 1955.

DEÁK, Csaba, SCHIFFER, Sueli Ramos. *O Processo de Urbanização no Brasil*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1999.

DENATRAN, Frota de Veículos, 2018. Disponível em <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>>. Acesso em 29 mar. 2019.

DIAMOND, J. M. Colapso: como as cidades escolhem o fracasso ou o sucesso. Rio de Janeiro: Record, 2012.

DIAMOND, J. M. *Armas, germes e aço*. 15. edição. Rio de Janeiro: Record, 2013. 317 p.

- DUARTE, Cristóvão Fernandes. *Forma e Movimento*. Rio de Janeiro: Viana & Mosley: PROURB, 2006 (Coleção Arquitetura e Cidade).
- FLUXO de tráfego: relações básicas. Curso de Engenharia de Tráfego e Transportes Urbanos, s.d. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- FRANÇOSO, M. T., MELLO, N. C. Influência dos aplicativos de *smartphones* para transporte urbano no trânsito. In: Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 7., 2016, Maceió, PLURIS, 2016.
- FOTSCH, Paul Mason. The Building of a Superhighway Future at the New York World's Fair. In: Cultural Critique, No. 48. University of Minnesota Press, 2001. p. 65-97.
- GIUCCI, G. A vida cultural do automóvel. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2004.
- GUIMARÃES, E. A. A. A dinâmica do crescimento da indústria de automóveis no Brasil: 1957-78. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 775-812, 1980.
- HALL, Peter. Cidades do amanhã. São Paulo: Perspectiva, 2002, p.407-428.
- HONORATO, Cássio Mattos. *Sansões do Código de Trânsito Brasileiro*. Campinas/SP; Ed. Millennium, 2004.
- HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S.. *Applied logistic regression*. Wiley, 1989. p. 260-263.
- IBGE. Brasil em Síntese, 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>>. Acesso em 29 mar. 2019.
- Índice 99 de Tempo de Viagem, Resultado Final, 2017. Disponível em <<https://drive.google.com/file/d/0B4dqD1dpFfsvNXF6Ttmpma2Ztczg/view>>. Acesso em 29 mar. 2019.
- JACQUARD, Albert. *A explosão demográfica*. Tradução de Paulo Herculano Marques Gouveia. São Paulo: Ática, 1998.
- Jornal da Cidade. BH está entre as cidades com mais trânsito no Brasil, 19 abr. 2018. Disponível em <<https://www.jornaldacidadebh.com.br/atualidades/bh-esta-entre-as-cidades-com-mais-transito-no-brasil/>>. Acesso em 30 mar. 2019.
- JULIÃO, Leticia. **Belo Horizonte**: itinerários da cidade moderna (1891-1920). 1992. Dissertação apresentada no curso de mestrado do Programa de pós Graduação em Ciência Política da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, da UFMG. Orientadora: Carla Maria Junho Anastasia.
- LAY, M. G. *Ways of the World: A History of the World's Roads and of the Vehicles that Used Them*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1992, 424 p.

LE VEN, Michel M. **Classes Sociais e Poder Político na Formação Espacial de Belo Horizonte** (1893-1914). 1977. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

LOPES, J. R. B. *Desenvolvimento e mudança social: formação da sociedade urbano-industrial no Brasil*. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008.

LOPES, Edésio Elias. **Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas**. 2009. Dissertação apresentada no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Orientadora: Ruth Emilia Nogueira.

MAGAGNIN, Renata Cardoso. Um sistema de suporte à decisão na Internet para o planejamento da mobilidade urbana. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Transportes). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

MARICATO, E. O automóvel e a cidade. *Revista Ciência e Ambiente*, Santa Maria, v. 37, p. 5-12, 2008.

MCINTOSH, J. *The Ancient Indus Valley: New Perspectives*. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2008, 441 p.

MEDEIROS, I. H. Transporte sobre trilhos em Belo Horizonte: trilhas em um palimpsesto urbano. *Revista Espinhaço*, Diamantina: v. 4, n. 1, p. 35-42, 2015.

Ministério das Cidades. Política Nacional de Mobilidade Urbana. 2013. Disponível em <<http://www.portalfederativo.gov.br/noticias/destaques/municipios-devem-implantar-planos-locais-de-mobilidade-urbana/CartilhaLei12587site.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

MISES, L. *Ação Humana: um tratado de Economia*. 3.1ª ed. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010. 1020 p.

MOTTA, L. D. Da construção da nova capital mineira ao atual modelo de gestão de vilas e favelas: notas sobre um estudo de caso do Programa Vila Viva, *Cadernos de História*, Belo Horizonte, v.13, n. 19, p. 126-146, 2012.

PASSOS, D. A Formação Do Espaço Urbano Da Cidade De Belo Horizonte. *Mediações*, Londrina: v. 21, n. 2, p. 332-358, 2016.

RUBIM, B.; LEITÃO, S. O Plano de Mobilidade Urbana e o futuro das cidades. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 79, p. 55-66, 2013.

SCAVARDA, L. P. R., HAMACHER, S. Evolução da cadeia de suprimentos da indústria automobilística no Brasil. *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 201-219, 2001.

SILVA, José Afonso da. *Direito Urbanístico Brasileiro*. São Paulo: Malheiros, 2006.

SILVA, P. C. M. *Teoria de Fluxo de Tráfego*. Brasília, 1994. Apostila do Curso de Engenharia de Tráfego. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

SILVA, C. O. *Cidades concebidas para o automóvel: mobilidade urbana nos planos diretores posteriores ao Estatuto da Cidade*. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília.

STENOVEC, T. Google has gotten incredibly good at predicting traffic — here's how. *Business Insider*, 2015. Disponível em < <https://www.businessinsider.com/how-google-maps-knows-about-traffic-2015-11>>. Acesso em 03 abr. 2019.

VASCONCELLOS, E. A. Congestionamento no trânsito e financiamento da mobilidade: avaliação dos estudos no Brasil e das perspectivas metodológicas. *Revista dos Transportes Públicos*. São Paulo, v. 36, p. 7-27, 2014.

VASCONCELOS, A. M. N., GOMES, M. M. F. Transição demográfica: a experiência brasileira. *Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 539-548, 2012.

VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos (org.) *O processo de urbanização no Brasil*. São Paulo: EdUSP, 1999. p. 169–243.

WANG, D. Stuck in traffic? *Google Official Blog*, 2007. Disponível em < <https://googleblog.blogspot.com/2007/02/stuck-in-traffic.html>>. Acesso em 03 abr. 2019.

YUNES, J. A dinâmica populacional dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos. *Revista Saúde Pública*, v. 5, p. 129-149, 1971.