

Potencial de viagens por bicicleta em Belo Horizonte: Uma proposta metodológica com base na Pesquisa Origem e Destino de 2012



Priscilla Dutra Dias Viola

Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Leandro Cardoso

Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Carlos Lobo

Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Daniela Antunes Lessa

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Bárbara Abreu Matos

Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

Recibido: 24 de mayo de 2018. Aceptado: 12 de julho de 2018.

Resumo

O entendimento sobre as necessidades dos ciclistas potenciais, bem como o comportamento de viagens e, especialmente, o perfil de usuários cativos, é fundamental para a concepção e implantação de novos projetos de apoio aos adeptos da bicicleta. Diante desse pressuposto, este trabalho tem como objetivo verificar o potencial dos moradores de Belo Horizonte (Brasil) para o ciclismo urbano, considerando o perfil mais provável do ciclista, utilizando a base de dados da Pesquisa Origem e Destino de 2012. Para encontrar o potencial de Belo Horizonte para o uso da bicicleta como meio de transporte foi proposta a utilização do método estatístico da regressão logística. Os resultados demonstram que Belo Horizonte tem um grande potencial para o uso da bicicleta como meio de transporte, especialmente na região

Palabras clave

*Viajes Potenciales
Bicicleta
Movilidad
Ciclista Potencial
Perfil*

central da cidade. O aumento da participação da bicicleta na divisão modal pode contribuir para a melhoria tanto das condições de mobilidade na cidade quanto da qualidade de vida urbana.

Potencial bicycle travels in belo horizonte city: a methodological proposal based on 2012 origin – destination survey

Abstract

Understanding the needs of potential cyclists, as well as travel behavior, and specially the profile of captive users, is essential for the design and implementation of new projects to support bicycle users. Therefore, this work aims to verify the potential for urban cycling in Belo Horizonte city (Brazil), considering the most probable cyclist's profile, using the database of the Origin and Destination Research of 2012. In order to find the potential of Belo Horizonte to use the bicycle as a transportation mode, it was proposed to use the statistical method of logistic regression. The results demonstrate that Belo Horizonte has a great potential for bicycle travels. The increase of bicycle's participation in the modal split can contribute to the improvement of both the mobility conditions in the city and the quality of urban life.

Palavras-chave

Viagens Potenciais
Bicicleta
Mobilidade
Ciclista Potencial
Perfil

Keywords

Potential Travels
Bicycle
Mobility
Potential Cyclist
Profile

Introdução

Diante de um cenário em que os combustíveis fósseis, a poluição e os problemas com o clima e a saúde tornam-se cada vez mais um desafio global, parece óbvio priorizar as viagens de bicicletas nos centros urbanos (Gehl, 2013). Entretanto, não se observou, salvo exceções, um esforço grande dos planejadores e governantes brasileiros em incentivar modos de transporte ativos nas últimas décadas.

Para incentivar o uso da bicicleta como meio de transporte é necessário considerar os fatores que determinam a escolha por esse modo (Providelo e Sanches, 2010a). Magalhães et al. (2015) ressaltam que a identificação dos fatores que mais influenciam nos níveis atuais de utilização da bicicleta para viagens nas áreas urbanas brasileiras, sob as perspectivas de diferentes grupos de usuários, é necessária para a definição de intervenções e políticas de transporte que resultem no aumento da demanda pelo modo ciclovitário. Muitos autores afirmam que, dentre os fatores que influenciam na escolha da bicicleta, a presença das facilidades para ciclistas é uma das mais importantes (Chapadeiro e Antunes, 2012; Providelo e Sanches, 2010a).

Os modos ativos representam a maior parte dos deslocamentos no Brasil, entretanto, a parcela referente às viagens de bicicleta ainda é tímida, representando apenas 4% em 2015 (ANTP, 2016). Nos últimos anos, a participação das bicicletas na divisão modal da Capital mineira não se alterou muito, ficando sempre abaixo de 1%. Em 2012, a Pesquisa de Origem e Destino (OD 2012), realizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), apontou que apenas 0,4% da população se deslocava usando a bicicleta. Atualmente, o município trabalha na revisão do Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMob-BH). Algumas das metas estabelecidas no PlanMob-BH para a mobilidade por bicicleta serão objetos de discussão deste artigo.

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é identificar o potencial belo-horizontino para o ciclismo urbano. A partir de recursos estatísticos, pretende-se encontrar, com

base nos dados de perfil socioeconômico da Pesquisa OD 2012, o potencial de ciclistas que estão cativos em outros modos de transporte, principalmente nos individuais motorizados.

Fatores que influenciam na escolha da bicicleta

A população em geral não oferece resistência à bicicleta, mas é muito comum se ouvir a respeito das infraestruturas cicloviárias inexistentes ou inadequadas (Chapadeiro e Antunes, 2012). As pessoas, têm percepções diferentes quando se trata de atividades físicas, da consciência ambiental e das condições de tráfego. Por isso, os efeitos destes fatores na predisposição das pessoas em usar a bicicleta podem ser muito heterogêneos (Zhang et al., 2014). Diversos autores, que serão citados a seguir, se propuseram a estudar os fatores que influenciam positiva ou negativamente a escolha da bicicleta como modo de transporte, bem como os fatores que determinam a preferência pelas rotas utilizadas pelos ciclistas.

Franco (2012) afirma que fatores como o clima, ambiente e relevo, o propósito da viagem, características do tráfego, renda, custo do transporte e a infraestrutura existente para o uso da bicicleta, são fatores relevantes para a tomada de decisão dos potenciais usuários. Adicionalmente, a autora indica outros aspectos, como riscos de acidentes, segurança pública, incentivos por parte de empregadores, políticas voltadas para o uso da bicicleta e características de acessibilidade da cidade.

De maneira geral, os fatores que influenciam um indivíduo na escolha do modo de transporte podem ser classificadas em dois grupos principais (Goldsmith, 1992), conforme pode ser observado na Quadro 1.

Quadro 1. Fatores subjetivos e objetivos para a escolha da bicicleta. Fonte: Goldsmith (1992).

FATORES SUBJETIVOS	Distância	
	Segurança viária	
	Conveniência	
	Custo	
	Valorização do tempo	
	Valorização de exercícios físicos	
	Condicionamento físico	
	Circunstâncias familiares	
	Hábito	
	Valores	
	Aceitação da sociedade	
FATORES OBJETIVOS	AMBIENTAIS	Condições climáticas
		Topografia
	CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUTURA	Presença de infraestrutura cicloviária
		Condições de tráfego
		Continuidade e acesso
Alternativas de transporte		

Diversos estudos comprovam a presença desses fatores entre os que influenciam na escolha da bicicleta. A pesquisa elaborada na cidade de São Carlos por Providelo e Sanches (2010b), por exemplo, mostrou que 87,2% dos entrevistados concorda parcial ou totalmente que a carência de infraestrutura cicloviária é um obstáculo para o uso da bicicleta, e que se houvesse uma faixa reservada para as bicicletas, essa parcela de entrevistados andaria mais ou passaria a andar de bicicleta.

Sobre a escolha das rotas, Segadilha e Sanches (2014) realizaram uma pesquisa com ciclistas de São Carlos, uma cidade de porte médio, onde a bicicleta não é muito utilizada como modo de transporte. Os fatores analisados pelos autores, que buscaram avaliar a importância atribuída pelos usuários de bicicleta a um conjunto de fatores que podem interferir na escolha do percurso, estão na Quadro 2.

Quadro 2. Fatores que influenciam na escolha das rotas. Fonte: Segadilha e Sanches (2014).

CATEGORIAS	FATORES
VIAS	Largura
	Tipo de pavimento
	Declividade
	Existência de infraestrutura cicloviária
	Tipo de estacionamento ao longo da via
TRÁFEGO	Velocidade
	Volume de tráfego
	Percepção de segurança
	Classificação funcional da via
AMBIENTE	Segurança pessoal
	Uso do solo
VIAGEM	Distância
	Tempo
ROTA	Presença de sinalização
	Número de interseções
	Número de conversões
	Presença de pontes, viadutos e outros

Como resultado desta pesquisa, Segadilha e Sanches (2014) observaram que as características ligadas ao volume e velocidade do tráfego aparecem como os fatores mais importantes para a escolha da rota entre os entrevistados. Este resultado já era esperado pelas autoras e esta pesquisa veio confirmar que o aspecto de segurança no tráfego é o mais importante na escolha das rotas. Assim, os ciclistas preferem utilizar vias com menor tráfego de veículos, principalmente se estas não possuírem tráfego de ônibus e caminhões.

Os desafios da bicicleta em Belo Horizonte

Apesar dos inúmeros desafios – como culturais, legais, falta de infraestrutura, de incentivo – a bicicleta vem ganhando visibilidade nos últimos anos no Brasil. A Capital mineira, por exemplo, aos poucos está investindo em infraestrutura, construindo ciclovias, ciclofaixas, bicicletários, paraciclos e implantando sistemas de bicicletas urbanas compartilhadas, por meio de programas de mobilidade urbana como o PedalaBH, e o Plano de Mobilidade de Belo Horizonte.

O Plano de Mobilidade de Belo Horizonte – PlanMob-BH, instituído pelo Decreto nº 15.317 de 3 de setembro de 2013, foi elaborado pela Prefeitura de Belo Horizonte entre os anos de 2003 e 2010 pela Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS). Trata-se de um instrumento para orientar a Prefeitura de Belo Horizonte a respeito das ações em transporte coletivo, individual e não motorizado, a fim de atender às necessidades atuais e futuras de mobilidade da população da Cidade (BHTRANS, 2017).

O PlanMob-BH foi desenvolvido com base em uma detalhada análise das condições atuais, tanto na cidade quanto nos demais municípios da RMBH, em termos dos fluxos de pessoas e mercadorias nos diversos modos de transporte, incluindo os não

motorizados. O Eixo da Mobilidade Ativa prevê muitas ações e intervenções como, incluir ciclovias em todas as novas obras viárias, implantar paraciclos e bicicletários junto às estações do BRT (denominado Move em Belo Horizonte) e metrô (Trem Metropolitano), campanhas permanentes para incentivar o uso da bicicleta, implantar novos contadores de ciclistas, entre outros (Belo Horizonte, 2017).

Para verificar e acompanhar se os objetivos do PlanMob-BH para a Mobilidade Ativa estão sendo atendidos, foram propostos indicadores com metas de curto, médio e longo prazos (Belo Horizonte, 2017). O indicador para o percentual da participação da bicicleta, que prevê atingir 8% de viagens por bicicleta na divisão modal da Cidade em 2030, foi uma das motivações desta pesquisa.

Potencial para o ciclismo urbano: o caso de Belo Horizonte

A busca para as respostas às questões centrais deste artigo se apoiou em alguns procedimentos metodológicos, os quais serão detalhados a seguir.

Metodologia

Conforme já apresentado anteriormente, os dados utilizados para a elaboração deste trabalho foram extraídos da Pesquisa de Origem e Destino, realizada na RMBH em 2012 (Pesquisa OD 2012). Entretanto, apenas as informações referentes aos deslocamentos realizados dentro de Belo Horizonte foram considerados, visto que o objetivo desta pesquisa é avaliar o potencial da Capital para o ciclismo urbano.

Além de considerar apenas as viagens com origem e destino em Belo Horizonte, também optou-se por excluir todos os deslocamentos superiores a 5 km. Essa decisão foi tomada baseada principalmente na literatura, conforme será destacado adiante.

O Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta indica que a bicicleta apresenta considerável competitividade em relação a outros modos, nas viagens urbanas de até 5 km, pois não é influenciada por congestionamentos e tem as vantagens do modelo porta a porta (Brasil, 2007). Chapadeiro e Antunes (2012) reforçam que a bicicleta é mais rápida que o automóvel em trajetos urbanos de até 5 km, na medida em que se aumentam os congestionamentos. Neumann (2011), por sua vez, afirma que a bicicleta, além de econômica, silenciosa e acessível, é mais rápida que o carro nos trajetos urbanos curtos, menores que 5 km. A autora destaca ainda que, em média, 30% dos deslocamentos realizados por carros nos grandes centros urbanos são inferiores a 3 km. Confirmando esta média, a Pesquisa OD 2012 da RMBH mostra que cerca de 29% das viagens feitas por automóveis são de até 5 km. Por fim, Xavier et al. (2009) atestam que a maioria dos ciclistas holandeses, onde sabidamente a bicicleta é amplamente utilizada, percorre distâncias curtas: 36% de todas as viagens por bicicleta são de até 5 km.

Todavia, a base de dados da Pesquisa OD 2012 não contém as distâncias percorridas pelos entrevistados, apenas as áreas homogêneas (AHs) de origem e de destino. As AHs se afiguram como o menor nível de desagregação espacial utilizado na OD e consideram a malha viária e a morfologia social dos habitantes e física do local. Para determinar as distâncias entre as AHs foi utilizado o *software* ArcGIS, que calculou as distâncias entre os centroides de todos os pares de AHs no município de Belo Horizonte (Figura 1). Com a matriz de distâncias derivada das viagens entre as AHs da OD 2012 de todas as viagens de até 5 km, e as bases de dados referentes a cada deslocamento, foi possível utilizar o modelo de regressão logística e estimar a probabilidade de uso da bicicleta.

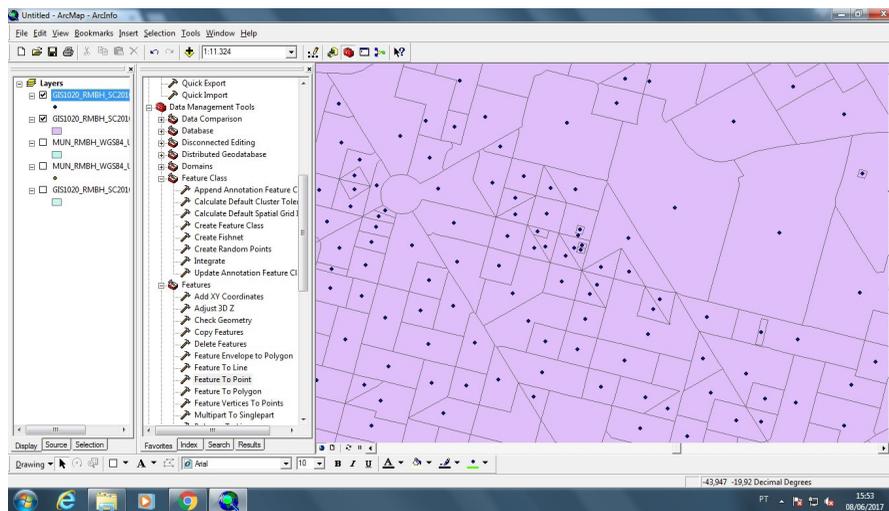


Figura 1. Capturas da tela do software ArcGIS, indicando os centroides das AHs da região central de Belo Horizonte. Fonte: Autor.

O primeiro passo foi “recortar” as AHs pertencentes à Capital do arquivo completo da RMBH, obtendo-se mais de 800 AHs e identificar os centroides de cada AH. Em seguida, o mapa foi transformado do formato geográfico GCS_WGS 1984 em graus, para WGS_1984 UTM 23S em metros, para que fosse possível calcular a distância em metros.

Com o centroide de cada AH identificado, utilizou-se a ferramenta *Generate near table* para que o ArcGIS calculasse as distâncias entre todos os pares de AHs. Em seguida, foi gerada uma tabela contendo apenas as combinações com distâncias menores ou iguais a 5000 metros, o que resultou em cerca de 1 milhão de combinações. O próximo passo foi exportar a tabela para o formato .dbf e abri-la no Excel.

Neste ponto haviam duas planilhas, uma com todas as combinações dos pares de AHs que tinham distâncias inferiores a 5000 metros entre si e outra com os dados retirados da OD 2012. Era necessário identificar na planilha com os dados da OD 2012 os pares de AHs que tinham menos de 5 km de distância para obter os dados que interessavam para a pesquisa. Para identificar as AHs comuns nas duas planilhas, foi utilizada uma função do tipo ÍNDICE+CORRESP no Excel: =corresp (valor_procurado; matriz_procurada; [tipo correspondência]). Esta função foi repetida duas vezes para que todas as possibilidades de pares fossem procuradas. Em caráter de ilustração, a AH 1035 foi procurada como origem e AH 1005 como destino, e vice-versa.

A planilha resultante contém apenas os dados de interesse para o cálculo do potencial número de viagens de bicicleta: deslocamentos em Belo Horizonte, de até 5 km, com motivo da viagem, sexo, renda, escolaridade, modo de transporte, AH de origem e destino e o fator de expansão.

Regressão Logística e Curva ROC

Em muitos casos, a variável dependente consiste em grupos ou classificações (gênero, altura, faixas etárias), como é o caso de pesquisas que envolvem dados de perfil socioeconômico. A regressão logística é uma forma específica de regressão que pode ser usada para prever uma variável categórica binária, ou seja, que assume valores do tipo 0 e 1, ou, fracasso e sucesso, a partir de variáveis como as de perfil.

Souza (2010) afirma que um dos casos particulares dos modelos lineares generalizados, são os modelos para variáveis dicotomizadas. Um dos mais importantes modelos é o de regressão logística, baseado na transformação logit. Para maiores detalhes sobre modelos lineares generalizados, regressão logística e transformação logit, recomenda-se Agresti (1996), Chatterjee (2006) e Figueira (2006).

Por ser uma plataforma muito conhecida e livre, foi utilizado o software estatístico R na modelagem dos dados. Para determinar quais covariáveis seriam significativas para o modelo, fixou-se, previamente, o nível de significância α do teste em 0,05, ou seja, 5%. As covariáveis mais significativas para o modelo foram o sexo e renda. Entretanto, a idade foi mantida no modelo como covariável relevante, pois ela afetava a significância da covariável renda. Além disso, entende-se que a idade é um dado importante em um perfil socioeconômico, bem como um elemento importante na condição física individual.

Outra maneira de determinar quais covariáveis ajustavam melhor o modelo é o valor do Critério de Informação de Akaike (AIC). O AIC é um valor que compara modelos entre si, e quanto menor este valor, melhor o ajuste do modelo. Muitos testes foram feitos com algumas das possíveis combinações entre a variável y (Ciclista ou Não Ciclista) e as covariáveis de perfil (sexo, idade, escolaridade, motivo etc.).

O primeiro modelo gerado (Modelo A) foi com todas as covariáveis: motivo da viagem, sexo, renda, escolaridade e idade. Uma outra opção (Modelo B) foi utilizar apenas as covariáveis sexo e renda. Uma terceira opção (Modelo C) foi usar sexo, renda e idade. Dentre estes modelos, observou-se que:

$$AIC \text{ Modelo A} > AIC \text{ Modelo B} > AIC \text{ Modelo C}$$

Portanto, confirmando a decisão de usar as covariáveis sexo, renda e idade pela significância, o melhor ajuste para o modelo, de acordo com o AIC, é o Modelo C.

Em seguida foi feita a predição da probabilidade de uma pessoa ser ciclista ou não, tendo como parâmetro o modelo ajustado. Para tanto, utilizou-se a função predict do R e o resultado foi uma curva as probabilidades entre 0 e 1. O referencial adotado para o modelo foi Não Ciclista (sucesso =1) e Ciclista (fracasso = 0). Então, quanto maior a probabilidade, ou seja, quanto mais perto de 1, maior a chance de a pessoa ser classificada como Não Ciclista.

Em casos como este é necessário empregar uma regra de decisão que busca um ponto de corte que resuma a probabilidade em uma resposta dicotômica: sucesso ou fracasso. Dessa forma, um indivíduo com mensurações maiores que o ponto de corte é classificado como Não Ciclista e um indivíduo com mensurações menores que o ponto de corte é classificado como Ciclista. Assim, para diferentes pontos de corte, pode-se estimar pares de sensibilidade (SE) e especificidade (ES) do modelo. Um gráfico com todos os pares de SE e ES constitui uma curva ROC.

De acordo com Vaz (2009), a maior vantagem da curva ROC (Receiver Operating Characteristic) está em sua simplicidade, pois esta é uma representação visual direta do desempenho de um teste, de acordo com o conjunto de suas possíveis respostas. Vaz (Op. cit.) destaca ainda que uma área igual a 1 representa um teste perfeito, ou seja, o teste acerta com precisão todos os diagnósticos. Uma área igual a 0,5 representa um teste sem valor, pois o simples lançamento de uma moeda levaria a uma curva próxima da reta identidade (cada lançamento da moeda oferece 50% de chance de acerto). Logo, quanto maior a área sob a curva ROC, melhor é o desempenho do teste.

No modelo ajustado para prever o potencial dos indivíduos em serem ciclistas, baseado em dados do perfil, a área sob a curva ROC é de 0,85. Conforme descrito anteriormente, esse valor indica que o modelo tem um bom desempenho em identificar corretamente os potenciais ciclistas. O próximo passo foi determinar os pontos de corte na curva ROC. Os pontos de corte escolhidos foram 0,975 e 0,985, em que os indivíduos que têm probabilidades maiores que estas são classificados como Não Ciclistas, e aqueles com valores inferiores a estes são classificados como Ciclistas (Figura 2).

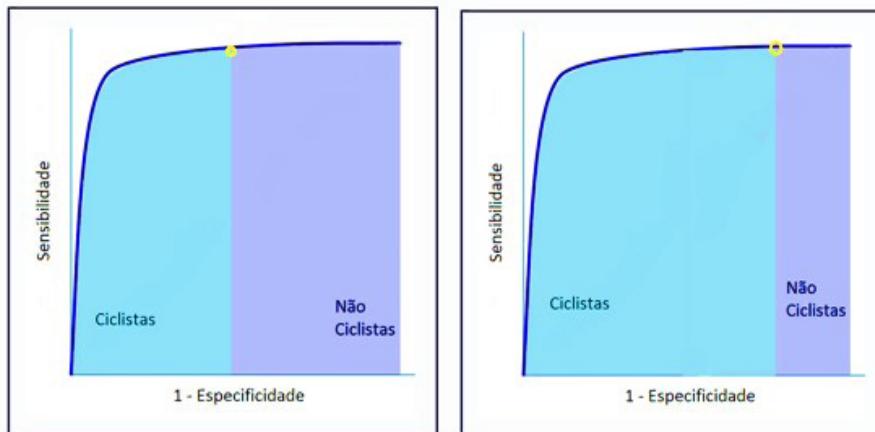


Figura 2. Curvas ROC meramente ilustrativas dos pontos de corte de 0,975 e 0,985, respectivamente.
Fonte: Autor.

Este valor foi escolhido baseado no nível de significância α pré-determinado de 5%. Os testes de hipóteses estatísticas supõem que as amostras seguem uma Distribuição Normal, em que as probabilidades são distribuídas em uma curva Gaussiana. O nível de significância dos testes está representado nas extremidades da curva, e são equivalentes a $\alpha/2$, que, no caso de estudo, é 2,5%.

Como a proporção de ciclistas em relação ao total é muito pequeno, o modelo para a predição é muito sensível. Isso significa que um outro ponto de corte na curva ROC, mesmo que muito próximo ao ponto 97,5%, muda consideravelmente o número dos potenciais ciclistas. Por isso, neste estudo, escolheu-se variar o ponto de corte em apenas 1,0%, como forma de encontrar um cenário mais otimista na probabilidade de um indivíduo ser ciclista.

O outro ponto de corte escolhido foi 98,5%. Neste ponto, a sensibilidade (SE) é um pouco maior e a especificidade (ES) menor do que a do ponto de corte inicial. Isso implica que a probabilidade de que o modelo indique um verdadeiro não ciclista como Não Ciclista é mais alta, e também implica que a chance de se classificar um verdadeiro ciclista como Não Ciclista é bem mais baixa.

Com os pontos de corte definidos para os cenários (menos otimista e mais otimista), transferiu-se os dados com as probabilidades resumidas de forma dicotômica (Ciclista e Não Ciclista) para uma planilha do Excel. Essa planilha contém os dados de perfil de todos os indivíduos e o fator de expansão associado a cada um deles. Assim, foi possível determinar o perfil socioeconômico predominante do potencial ciclista dentro de cada cenário, considerando o peso de cada um dos indivíduos, ou seja, considerando sempre o fator de expansão. Os resultados e as discussões da aplicação da regressão logística serão descritos na próxima seção.

Perfil dos ciclistas potenciais: dois possíveis cenários

A aplicação da regressão logística para a identificação da demanda potencial de viagens de bicicleta em Belo Horizonte, baseando-se nos dados do perfil da Pesquisa OD 2012, resultou na construção de dois cenários, os quais estão apresentados na Quadro 3.

Quadro 3. Potencial de viagens por bicicleta em Belo Horizonte nos deslocamentos realizados até 5 km. Fonte: Autor.

Cenários	Ponto de corte	% Viagens com bicicleta	% Aumento viagens bicicleta
Real	---	0,28%	---
Cenário 1	0,975	1,49%	537%
Cenário 2	0,985	6,73%	2426%

Potencial belo-horizontino para o ciclismo urbano – Cenário 1

Na divisão modal da OD 2012, as viagens por bicicleta representam 0,4%. O valor de 0,28% representa o número de viagens por bicicleta no universo de deslocamentos com origem e destino em Belo Horizonte, sendo inferiores a 5 km. No ponto de corte 0,975, o número potencial de viagens de bicicleta alcança 1,49%, valor quase quatro vezes maior do que os 0,4% da divisão modal da OD 2012. Este potencial significaria um acréscimo de mais de 500% no número de viagens diárias de bicicleta na Cidade.

Dos ciclistas potenciais identificados pelo modelo neste primeiro cenário, todos são do sexo masculino, com idade entre 35 e 44 e com renda de até 2 salários mínimos. Este perfil se assemelha ao apontado por Franco (2012), que pesquisou o perfil médio do ciclista brasileiro. A autora constatou que o perfil médio do ciclista nacional é composto por homens, de até 40 anos, com Ensino Fundamental ou Médio completo e com renda de 2 a 5 salários mínimos. A escolaridade da maioria dos potenciais ciclistas também é a mesma apontada pela autora como sendo uma das mais prováveis: Ensino Fundamental completo (Figura 3). Os principais motivos para os deslocamentos são residência (com 39,6%) e trabalho (com 35,7% das viagens). O lazer aparece em terceiro lugar como motivo das viagens potenciais, com 7,0%.

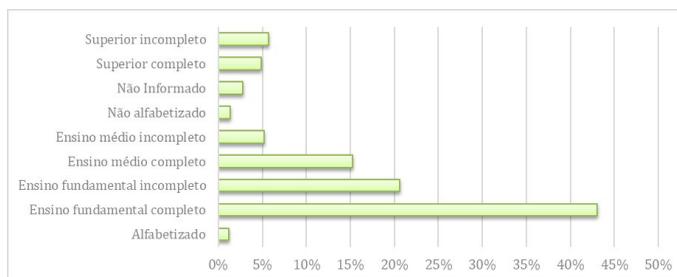


Figura 3. Escolaridade dos potenciais ciclistas no cenário 1. Fonte: Autor

Potenciais ciclistas cativos em outros modos – Cenário 1

O modo de origem dos potenciais ciclistas é predominantemente a pé, com 45% de participação. Entretanto, mais de 17% dos potenciais ciclistas migrariam da motocicleta e, mais de 18%, do automóvel (dirigindo e carona).

O perfil das pessoas que migrariam do modo a pé é bem próximo do perfil médio do ciclista nacional. Como já dito, nesse cenário todos os potenciais ciclistas são homens, com idade entre 35 e 44 e com renda de até 2 salários mínimos. Contudo,

a escolaridade média dos que migrariam do modo a pé é um pouco menor: 27,5% têm Ensino Fundamental incompleto e apenas 3,2% têm Ensino Superior completo. Em se tratando das pessoas que migrariam dos modos individuais motorizados, a escolaridade é relativamente maior. Dos 17% que migrariam da motocicleta, mais de 64% têm Ensino Fundamental completo, mais de 9% Ensino Superior incompleto e 4,2% Ensino Superior completo (Figura 4). Dentre os potenciais ciclistas cativos do automóvel (como motorista ou carona), quase 33% têm Ensino Médio completo e quase 10% Ensino Superior completo (Figura 5).

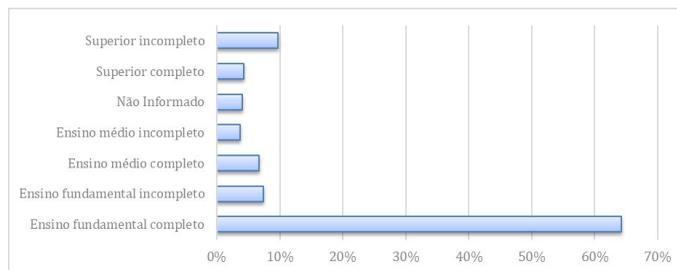


Figura 4. Escolaridade dos potenciais ciclistas que migrariam da motocicleta - Cenário 1. Fonte: Autor.

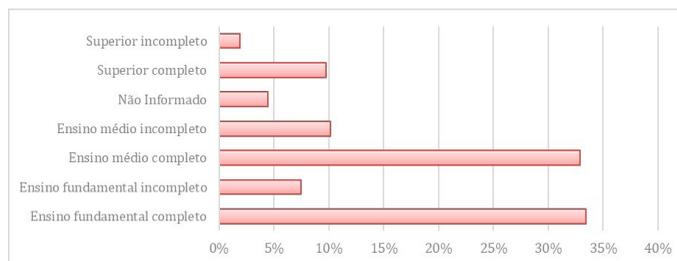


Figura 5. Escolaridade dos potenciais ciclistas que migrariam do automóvel - Cenário 1. Fonte: Autor.

A Pesquisa OD 2012 revelou que 29,7% dos deslocamentos feitos por carros na Capital são inferiores a 5 km. Ou seja, no primeiro cenário, mesmo com o perfil potencial do ciclista bem restrito (apenas o perfil mais provável), já se encontra uma oportunidade de redução do tráfego motorizado na Cidade. Apenas a migração das parcelas de automóvel (dirigindo e carona) e de motocicleta representariam mais de 10200 viagens diárias a menos de veículos individuais motorizados na Capital mineira.

Potencial belo-horizontino para o ciclismo urbano – Cenário 2

No ponto de corte 0,985, correspondente ao segundo cenário, o valor potencial para viagens por bicicleta é de 6,73% da divisão modal, representando um aumento de mais de 2400% no número de viagens. De forma semelhante ao primeiro cenário, os potenciais ciclistas são todos homens, com renda de até 2 salários mínimos. No entanto, a faixa etária deste cenário é mais diversificada: 53% dos potenciais ciclistas têm entre 20 e 34 anos e 22% têm entre 35 e 44 anos.

A escolaridade também está mais distribuída neste cenário. Quase 26% dos potenciais ciclistas têm Ensino Fundamental completo, cerca de 23% Ensino Médio completo, 14,8% Ensino Superior incompleto e 4% Ensino Superior completo (Figura 6). Os motivos predominantes continuam sendo residência (38,3%) e trabalho (31,7%).

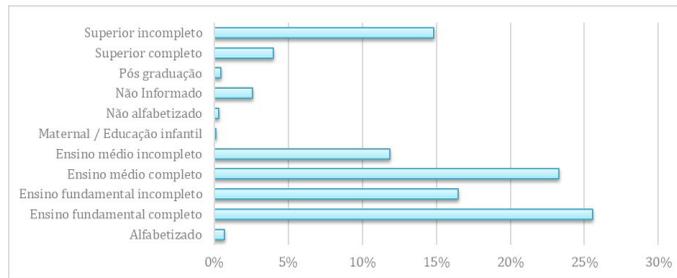


Figura 6. Escolaridade dos potenciais ciclistas no cenário 2. Fonte: Autor.

Potenciais ciclistas cativos de outros modos – Cenário 2

O principal modo de migração no cenário 2 também é o a pé, com 43,6% de participação. Contudo, neste cenário, o segundo modo de transporte com maior potencial para migração de usuários para a bicicleta é o ônibus coletivo, com 22,6%. O automóvel aparece em terceiro lugar, com 17,5% (dirigindo e carona), e a motocicleta em quarto, com 11%.

Dentre os potenciais ciclistas cativos do modo a pé, quase 30% têm Ensino Fundamental completo, quase 20% Ensino Médio completo e cerca de 3% Ensino Superior completo. A renda e faixa etária dos que migrariam do modo a pé são as mesmas do perfil geral apresentado. Já os potenciais ciclistas que migrariam do ônibus coletivo urbano têm mais tempo de estudo e são mais jovens. Mais de 72% têm menos de 34 anos e quase 27% têm Ensino Médio completo, como mostra a Figura 7.

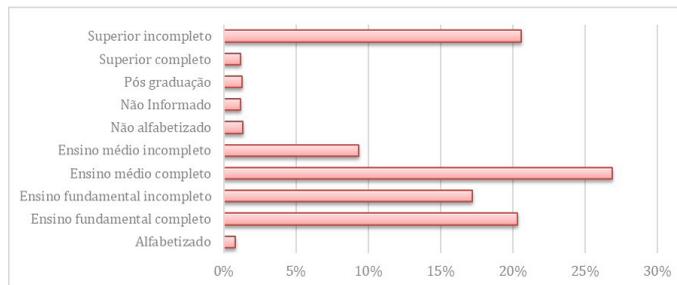


Figura 7. Escolaridade dos potenciais ciclistas que migrariam do ônibus coletivo - cenário 2. Fonte: Autor.

Dentre os usuários potenciais que migrariam do automóvel (motorista e carona), mais de 61% têm entre 20 e 34 anos e, 22,7%, entre 35 e 44 anos. A escolaridade dos usuários cativos do automóvel também é maior do que as já apresentadas. O gráfico da Figura 8 mostra que quase 35% dos potenciais ciclistas têm Ensino Médio completo, 5,7% Ensino Superior completo e 25,3% Ensino Superior incompleto.

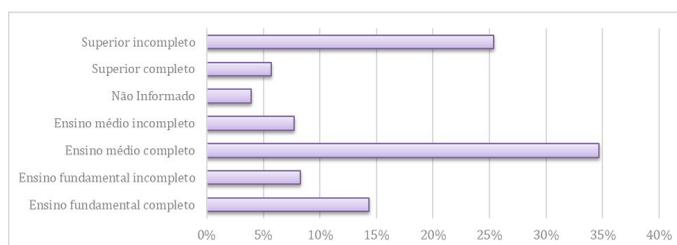


Figura 8. Escolaridade dos potenciais ciclistas que migrariam do automóvel - cenário 2. Fonte: Autor.

Nesse cenário, a migração dos usuários de ônibus para a bicicleta representaria uma redução de mais de 30 mil viagens por dia na Capital mineira. Já a redução de viagens de automóveis, caso aconteça a migração dos potenciais usuários deste modo para a bicicleta, seria maior que 23 mil.

Análise comparativa dos cenários (re)velados

Os dados demonstram que Belo Horizonte tem um grande potencial para o uso da bicicleta como meio de transporte. Essa condição manifesta-se de forma diferenciada no espaço, pois há diferenças regionais na participação potencial da bicicleta nos dois cenários (Figura 9).

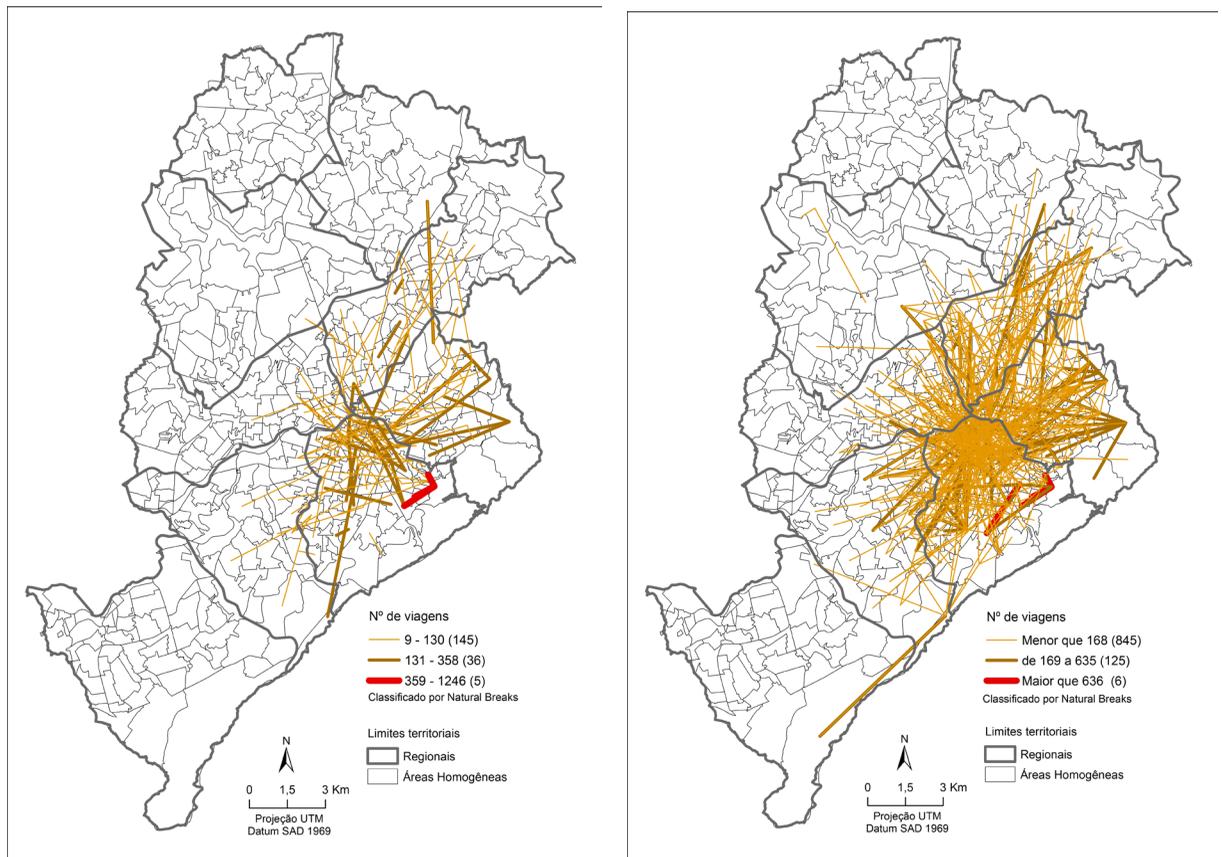


Figura 9. Linhas de desejo das viagens potenciais de bicicleta em Belo Horizonte (cenários 1 e 2, respectivamente). Fonte: Autor.

A Regional Centro-Sul da Capital, que se afigura como a principal centralidade da cidade, abrigando mais expressivamente oportunidades de trabalho e serviços, foi a que apresentou o maior número de linhas de desejo das viagens potenciais, tanto no cenário 1 quanto no cenário 2. Entretanto, apesar de todo o potencial revelado pela aplicação da metodologia ora proposta, a realidade da OD 2012 é bem diferente.

A Regional Centro-Sul concentra a maior parte da população e da renda da Capital mineira. Nas periferias, por sua vez, observa-se, em geral, uma renda média menor. Analisando o perfil mais provável do ciclista identificado em ambos cenários, poderia se esperar que houvesse um grande potencial de uso da bicicleta nas periferias da Cidade, sobretudo, em função da relação, via de regra, inversamente proporcional

entre a renda e a dependência do uso de modos ativos. Entretanto, esta hipótese não foi confirmada neste estudo. Uma possível explicação para tal constatação é o fato de a metodologia ter apenas considerado viagens internas a Belo Horizonte, excluindo-se as viagens que tinham origem ou destino em outra cidade da Região Metropolitana. Algumas centralidades importantes, como Venda Nova e Barreiro, podem atrair viagens de outros municípios, como Santa Luzia, Ribeirão das Neves (vetor norte), Ibirité e Contagem (vetores oeste e sudoeste), mas, no caso desta metodologia, essas potenciais viagens não foram consideradas.

Além disso, importa ressaltar que informações sobre as rotas que os ciclistas utilizam e as razões para que eles escolham esses caminhos são essenciais para o planejamento correto das infraestruturas cicloviárias (Segadilha e Sanches, 2014.). Ou seja, as redes cicloviárias devem atender às linhas de desejo dos ciclistas e não apenas serem implantadas onde é mais conveniente para o poder público (Lemos et al., 2017). Nesse sentido, convém destacar que a rede cicloviária atual de Belo Horizonte é composta por trechos dispersos pela Cidade (Viola e Cardoso, 2016). Na Regional Centro-Sul, por exemplo, que demonstrou ter o maior potencial de origem e destino das viagens de bicicleta de até 5 km, há poucas ruas com infraestrutura implantada. Se as ciclovias e ciclofaixas que estão planejadas para a região forem implantadas juntamente com outras ações de incentivo aos modos não motorizados, provavelmente, o potencial indicado pela aplicação da metodologia poderia estar mais próximo de ser alcançado.

Considerações do modelo de regressão logística para a Pesquisa OD 2012

O modelo de regressão logística, aplicado no banco de dados da Pesquisa OD 2012, apresentou algumas limitações. A proporção de ciclistas em relação aos não ciclistas é muito pequena, dificultando, de certa forma, a identificação dos casos de verdadeiros potenciais ciclistas. Os dados da OD 2012 indicam que apenas 0,4% das viagens eram feitas por bicicletas em 2012. Considerando o espaço amostral utilizado (deslocamentos inferiores a 5 km dentro de Belo Horizonte), este valor é de 0,28%, e isto afetou os resíduos do modelo.

O ideal é que os resíduos de um método sejam uniformemente distribuídos em torno do 0, mas os resíduos positivos do modelo estão muito próximos de 0 e os negativos mais distantes. Entretanto, apesar desta limitação, os resultados do ajuste do modelo foram satisfatórios.

Outra característica que afeta o modelo foi a ausência de mulheres como potenciais ciclistas em Belo Horizonte. A divisão modal de 2012 apontou que as bicicletas representavam apenas 0,4% das viagens em Belo Horizonte. Essa baixa representatividade se mostrou um limitador para o modelo, como dito anteriormente. Destes 0,4% de ciclistas, apenas 8% são mulheres. No universo dos dados onde o modelo foi aplicado (viagens de até 5 km feitas em Belo Horizonte), 0,28% das viagens são de bicicleta, e, destes ciclistas, 10% são mulheres.

Entende-se que a porcentagem proporcional de mulheres entre os ciclistas é o motivo pelo qual o modelo não prevê que o fator “sexo feminino” seja significativo para determinar se um indivíduo é ou não ciclista. Por isso, o fato de poucas mulheres estarem entre os ciclistas no banco de dados, impede o modelo de identificar os fatores de perfil associados às mulheres e reproduzir esses fatores em termos e probabilidade para outras mulheres, assim como foi feito para os homens.

Portanto, algumas hipóteses foram analisadas, a fim de tentar encontrar alguma distância onde as mulheres fossem significativamente mais representativas, de modo que o modelo de regressão logística pudesse prever também mulheres como potenciais

ciclistas. As maiores participações femininas estão nas viagens com distâncias inferiores a 1 km e nas viagens de até 5 km (ambas com 10%). Este último universo foi exatamente o considerado inicialmente na aplicação do modelo.

Observou-se que não existe uma tendência aparente que ligue a distância e a utilização da bicicleta por mulheres como um fator determinante (quanto menor a distância, mais mulheres, por exemplo). A pesquisa Descobrimo como #BHPedala de 2017, que avalia o perfil do ciclista na capital mineira, confirma este dado. A pesquisa mostra que as distâncias percorridas pelas mulheres nas viagens por bicicleta estão bem distribuídas: 32% percorre até 5 km; 34% entre 5 e 10 km e 32% mais de 10km.

Percebe-se, portanto, a clara invisibilidade da bicicleta, sobretudo como meio de transporte, entre as mulheres da Capital mineira. A presença feminina entre os ciclistas ainda é muito tímida no Brasil, provavelmente pela carga de restrições culturais que vigora desde a chegada da bicicleta no país. Atualmente, muitas dessas inibições morais e culturais ainda estão presentes na nossa sociedade, mesmo que de forma indireta ou velada. As mulheres, algumas vezes inconscientemente, evitam circular por certas ruas ou regiões das cidades pelo medo constante da violência urbana, como assaltos e assédios ou ainda pela insegurança viária, que as expõem aos riscos de acidentes e atropelamentos.

As mulheres, tímida e corajosamente, passam a participar mais da mobilidade por bicicleta em Belo Horizonte. Observou-se que, na Capital mineira, as mulheres começaram a se deslocar mais frequentemente com a bicicleta após o início da implantação do Programa PedalaBH (Campos et al., 2016). Ademais, outros movimentos da sociedade civil organizada, como a Associação de Ciclistas Urbanos de Belo Horizonte (BH em Ciclo), divulgam e incentivam esse modo de transporte e cobram que as ações e metas dos planos de mobilidade da Cidade sejam executadas.

Considerações finais

Apesar das décadas de incentivos aos modos individuais motorizados, o uso da bicicleta como modo de transporte está crescendo em diversas cidades do mundo e também do Brasil. Contudo, o comportamento dos ciclistas brasileiros ainda é pouco pesquisado e analisado (Campos et al., 2016). São muitos os fatores que determinam a escolha de uma pessoa em utilizar ou não a bicicleta. Esses fatores podem estar relacionados às características socioeconômicas do indivíduo e à disponibilidade de outros modos de transporte (Araújo, 2014). A renda pode determinar a posse de automóveis que, por sua vez, pode influenciar na escolha do modo individual de transporte (Sousa, 2012).

Políticas públicas de incentivo aos modos ativos também contribuem para a escolha da bicicleta como meio de transporte. A partir de 2005, com o Programa PedalaBH, Belo Horizonte passou a desenvolver algumas políticas públicas para fornecer segurança e conforto aos usuários de bicicleta. O PedalaBH faz parte do Planejamento Estratégico da BHTRANS e do Plano de Mobilidade de Belo Horizonte, em reconhecimento aos benefícios do uso da bicicleta como meio de transporte para a cidade e para os cidadãos.

Em atendimento aos objetivos centrais deste artigo, a aplicação da regressão logística permitiu que se identificasse o potencial de viagens de bicicleta em Belo Horizonte, com base na compatibilidade de fatores de perfil. Dois cenários foram escolhidos para serem analisados, um menos otimista, com um potencial menor, e um cenário mais otimista.

Os resultados revelam que no primeiro cenário, considerando apenas viagens de até 5 km e um perfil do ciclista mais restrito (homem adulto, baixa renda e escolaridade), poderia haver uma redução de mais de 10 mil viagens de veículos individuais motorizados por dia na Capital. No segundo cenário, a migração dos usuários de ônibus para a bicicleta representaria uma redução de mais de 30 mil viagens por dia em Belo Horizonte e a redução de viagens de automóveis, neste cenário, seria maior que 23 mil.

Diante do grande potencial de Belo Horizonte para a utilização da bicicleta, revelado pela aplicação da metodologia, as metas propostas no PlanMob-BH podem ser atingidas. Entretanto, a pesquisa deixa claro que o alcance dessas metas está condicionado aos investimentos para a implantação do Programa PedalaBH, juntamente com outras políticas de desestímulo ao uso do automóvel na Cidade.

A consolidação da bicicleta como meio de transporte e não mais apenas como objeto do esporte e lazer pode garantir aos centros urbanos uma forma de promover uma mobilidade cada vez mais sustentável (Albino e Portugal, 2015). Assim como aconteceu com os automóveis por décadas, para que a bicicleta deixe de ser apenas uma alternativa de lazer e atividade física e passe a ser vista um modo de transporte eficiente e seguro, o governo deve agir em favor da dela. Ações de incentivo às políticas para a construção de facilidades para os ciclistas, programas de isenção de impostos para a produção e compra de bicicletas e de desestímulo ao uso do automóvel, poderiam ser adotadas de forma conjunta para que haja uma mudança real na mobilidade da população de Belo Horizonte.

Bibliografia

- » Agresti, A. (1996). *An introduction to categorical data analysis*. New York: Wiley.
- » Albino, V. H. G., Portugal, L. da S. (2015). Fatores de influência no uso da bicicleta em viagens a universidades. In: *XIII Rio de Transportes*
- » Araújo, F. G. (2014). *A influência da infraestrutura cicloviária no comportamento de viagens por bicicleta*. xiii, 116 f., il. Dissertação (Mestrado em Transportes)— Universidade de Brasília, Brasília.
- » ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos (2016). *Sistema de informações da mobilidade urbana da ANTP*. Brasília.
- » Belo Horizonte - BHTRANS (2017). *Plano diretor de mobilidade urbana de Belo Horizonte PLANMOB-BH: Relatório - Plano de gestão da demanda e melhoria da oferta - Minuta*. Belo Horizonte.
- » BHTRANS (2017). *PlanMob-BH*. Disponível em: <<https://goo.gl/Tju1Z3>>. Acesso em: 04 maio 2017.
- » Brasil (2007). *Programa Brasileiro de mobilidade por bicicleta – Bicicleta Brasil*. Brasília.
- » Campos, C. E., Tampieri, G., Lara, C., Amaral, M. C. (2016). *Perfil e desafios das ciclistas e dos ciclistas de Belo Horizonte*. Belo Horizonte.
- » Chapadeiro, F. C., Antunes, L. L. (2012). A Inserção Da Bicicleta Como Modo De Transporte Nas Cidades. *Revista UFG* 12, 35-42.
- » Chatterjee, S., Hadi, A. S. (2006). *Regression analysis by example*. John Wiley & Sons.
- » Figueira, C. V. (2006). *Modelos de Regressão Logística*. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- » Franco, L. P. C. (2012). *Perfil e demanda dos usuários de bicicletas em viagens pendulares*. Tese de Doutorado. Instituto Militar de Engenharia.
- » Gehl, J. (2013). *Cidades para pessoas*. Perspectiva.
- » Goldsmith, S. A. (1992). National Bicycling and Walking Study. Case Study No. 1: Reasons why bicycling and walking are and are not being used more extensively as travel modes.
- » Lemos, L. L., Harkot, M. K., Santoro, P. F., Ramos, I. B. (2017). Mulheres, por que não pedalam? Por que há menos mulheres do que homens usando bicicleta em São Paulo, Brasil?. *Revista Transporte y Territorio* 16, 68-92.
- » Magalhães, J. R. L., Campos, V. B. G., Bandeira, R. A. de M. (2015). Previsão De Demanda De Viagens Pelo Modo Cicloviário. In: *XXIX ANPET*, 1742-1745
- » Neumann, V. X.. (2011). Transporte urbano no motorizado: el potencial de la bicicleta em la ciudad de Temuco. *Revistainvi* 26 (72), 153-184.
- » Providelo, J. K., Sanches, S. da P. (2010a). Percepções de indivíduos acerca do uso da bicicleta como modo de transporte. *Transportes* 18 (2), 53-61.
- » Providelo, J. K., Sanches, S. da P. (2010b). Análise Fatorial Da Percepção Sobre O Uso Da Bicicleta. *4o Congresso para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*, p. 10.

- » Segadilha, A. B. P., Sanches, S. da P. (2014). Fatores que influenciam na escolha das rotas pelos ciclistas. *Revista dos Transportes Públicos-ANTP-Ano 36*, p. 2.
- » Sousa, P. B., Kawamoto, E. (2012). *Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- » Souza, A. O. (2010). *Testes Estatísticos em Regressão Logística sob a Condição de Separabilidade*. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estatística Aplicada e Biometria, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- » Vaz, J. C. L. (2009). *Regiões de incerteza para a curva ROC em testes diagnósticos*.
- » Viola, P. D. D., Cardoso, L. (2016). Análise das políticas públicas de incentivo aos meios de transporte não motorizados em Belo Horizonte: reflexões sobre a rede cicloviária da região da Pampulha. In: *7º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável, 2016*, Maceió.
- » Xavier, G., Wittink, R., Rijnsburger, J., Vonk, W., Raquel, R., Soares, A. (2009). Programa de Parcerias pela Bicicleta (BPP): Contribuindo para a inclusão da Bicicleta como componente do transporte (público) nas cidades brasileiras. In: *XV Congresso Latino Americano de Transportes Públicos*, CLATPU.
- » Zhang, D., Magalhães, D. J. V., Wang, X. C. (2014). Prioritizing bicycle paths in Belo Horizonte City, Brazil: Analysis based on user preferences and willingness considering individual heterogeneity. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 67, 268-278.

Priscilla Dutra Dias Viola / priscillaviolaengcivil@gmail.com

Engenheira Civil (Universidade Federal de Minas Gerais) e Mestre em Geotecnia e Transportes (Universidade Federal de Minas Gerais). Doutoranda em Planejamento (Universidade de Montréal) e Pesquisadora do projeto (Re)descobrimo o pedestrianismo em centros urbanos.

Leandro Cardoso / leandro@etg.ufmg.br

Geógrafo (Universidade Federal de Minas Gerais), Mestre e Doutor em Geografia (Universidade Federal de Minas Gerais). Professor do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia da UFMG (DETG/UFMG). Professor do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Transportes da UFMG (GEOTRANS/UFMG).

Carlos Lobo / carlosfflobo@gmail.com

Geógrafo (Universidade Federal de Minas Gerais) e Doutor em Geografia (Universidade Federal de Minas Gerais). Subcoordenador e Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais.

Daniela Antunes Lessa / dlessa@ufmg.br

Engenheira Civil (Universidade Federal de Minas Gerais), Mestre em Transportes (Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG) e Doutoranda em Organização do Espaço/Geografia (Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG).

Bárbara Abreu Matos / b.abreumatosa@gmail.com

Engenheira Civil (Universidade Federal de Minas Gerais), Mestre em Transportes (Universidade Federal de Minas Gerais) e Doutoranda em Organização do Espaço/Geografia (Universidade Federal de Minas Gerais).