

Impactos do Efeito Barreira de Rodovias Urbanas na Mobilidade e Acessibilidade

Thiago Botion Neri

Professor Doutor, PEU/UEM, Brasil
tbneri2@uem.br

Carlos Alberto Prado da Silva Junior

Professor Doutor, PPGCiv/UEL, Brasil
cprado@uel.br

RESUMO

As rodovias em áreas urbanas, enquanto facilitam o fluxo de tráfego, podem também representar um obstáculo à mobilidade de pessoas nas zonas periféricas. Ainda que agilizem o trânsito, elas podem segmentar comunidades e distanciá-las de áreas com mais oportunidades e serviços. Este fenômeno é denominado "efeito barreira". A maior parte das pesquisas atuais se concentra nos impactos dessa barreira na mobilidade, especialmente em relação a meios de transporte não motorizados. Dessa forma, o propósito deste estudo foi analisar como o efeito barreira de uma rodovia urbana influencia a escolha de transporte da população que vive próxima a ela, bem como as consequências disso para a mobilidade e acessibilidade urbanas. A investigação se baseou em dados de pesquisas domiciliares locais, abordando padrões de deslocamento e aspectos socioeconômicos. Além disso, contou com informações censitárias, produção de mapas temáticos e análise correlacional. Os achados revelaram que zonas com múltiplas travessias urbanas tendem a fomentar mais deslocamentos, principalmente em áreas de maior poder aquisitivo onde predominam veículos particulares motorizados. Em contraste, áreas com travessias limitadas geralmente abrigam comunidades de menor renda com menos deslocamentos. Estas áreas, por estarem mais afastadas de centros de emprego e serviços, têm deslocamentos mais curtos, frequentemente feitos a pé ou de bicicleta, ou ainda com forte uso de transporte coletivo, como ônibus.

PALAVRAS-CHAVE: Separação de Comunidades. Padrões de Viagem. SIG nos Transportes. Divisão Modal.

1 O EFEITO BARREIRA DAS RODOVIAS EM CIDADES

O efeito barreira é um conceito amplo que abrange questões como a acessibilidade e a mobilidade da população. Ele pode ser causado por diversos elementos relacionados aos sistemas de transporte, como o tráfego de veículos, a infraestrutura viária e as características dos usuários. Comuns em diversas cidades, os trechos urbanos de rodovias muitas vezes atravessam bairros consolidados e dificultam a travessia de um lado ao outro, em suma, pelo alto e pesado tráfego de veículos ou ainda por gradis, desníveis, muretas e demais tipos de obstáculos físicos.

Visando descrever este fenômeno, um entendimento muito propagado sobre o efeito barreira provocado por estruturas rodoviárias se refere basicamente às dificuldades na acessibilidade e mobilidade dos modos não motorizados, sobretudo os pedestres (LITMAN, 2011; MACIOROWSKI; SOUZA, 2018; MOUETTE; WAISMAN, 2004; SILVA JÚNIOR; FERREIRA, 2008).

Outros autores, visando um entendimento mais amplo do problema, utilizam o termo "*Community Severance*", traduzido como separação de comunidades. Neste caso as definições abrangem aspectos como: redução do potencial de interação de uma população a um conjunto de destinos que não podem ser acessados sem que se atravesse a barreira (ANCIAES, 2013); mudanças nos padrões de viagens das pessoas, levando à separação da população afetada de instalações, serviços e redes sociais dentro de uma comunidade (GRISOLÍA; LÓPEZ; DE DIOS ORTÚZAR, 2015); barreiras físicas ou psicológicas que dificultam e afetam negativamente o deslocamento, conectividade, acessibilidade, interações sociais, bem-estar e percepções das pessoas que vivem ou circulam nos arredores, separando comunidades locais devido às infraestruturas, fluxos e velocidade do tráfego (LARA; DA SILVA, 2019).

Portanto, é importante lembrar que o efeito barreira e a separação de comunidades são fenômenos que podem afetar todos os modos de transporte urbano. Esses efeitos podem

ser causados por uma infraestrutura viária ou pelo tráfego de veículos que a utiliza, além disso podem ter impactos negativos não somente nas pessoas que transitam ou habitam esses locais, mas também no uso do solo e no ambiente, como o ruído e a poluição atmosférica.

Para Ancaies, Jones e Mindell (2016) a avaliação dos impactos gerados em decorrência do efeito barreira causado por infraestruturas rodoviárias deve levar em consideração as relações entre transporte, ambiente social e construído, o que incorrerá no envolvimento de diversas áreas, sendo úteis não apenas para o planejamento de transportes, mas para o planejamento urbano, políticas sociais e de saúde. Estes autores ainda argumentam que para avaliar estes impactos da separação de comunidades na população, as pessoas que vivem nessas áreas podem ter experiências, restrições e necessidades de mobilidade e acessibilidade muito diferentes. Essas barreiras podem ter um impacto significativo na população considerada mais vulnerável à mobilidade e à acessibilidade, como: pessoas com deficiência; idosos; e crianças. Outras limitações incluem: os modos de transporte disponíveis; os destinos; o desemprego; a baixa renda; e as minorias étnicas.

Para estruturar a variedade dos impactos, Van Eldijk, Gil e Marcus (2022), fundamentados em estudos anteriores, categorizaram os impactos do efeito barreira em: impactos diretos, caracterizando-se como esforços adicionais em deslocamentos; impactos indiretos, ligados as alterações nos padrões de viagens; e impactos amplos, abrangendo aspectos atitudinais, individuais ou coletivos. Estas categorias emergem de fatores determinantes como: uso do solo; necessidades pessoais; recursos de transporte; competências individuais; e facilidade de travessia.

Na busca por indicadores para avaliar os impactos da duplicação de um segmento urbano de rodovia, observou-se que as abordagens de projeto convencionais comprometem a mobilidade e acessibilidade dos residentes e frequentadores das áreas adjacentes. Além disso, as estratégias atualmente adotadas para amenizar tais efeitos, como as passarelas por exemplo, não são adequadas às demandas locais. Entre os impactos mais notáveis na mobilidade e acessibilidade estão: interrupção de vias e fluxos; segregação espacial; expansão urbana desordenada; prolongamento nos tempos de deslocamento para a população afetada; e a relutância dos pedestres em usar passarelas devido a preocupações com a segurança (DE ANDRADE; TAVARES, 2017). Essas descobertas indicam a necessidade de incorporar as preocupações dos moradores e passantes desde o início dos projetos de duplicação e/ou construção da rodovia, afim de reduzir os efeitos adversos mencionados.

Numa pesquisa que analisou a escolha do pedestre numa travessia de rodovia urbana, Cantillo; Arellana; Rolong (2015) perceberam que as maiores distâncias reduzem a probabilidade de uma travessia segura, sendo na pesquisa, exemplificado o uso das passarelas. Além disso, observou-se que os homens são mais propensos a correrem riscos nas travessias. Na mesma linha de raciocínio Mindell e Ancaies (2020) explicam que em decorrência de desvios para as travessias, ou ainda devido à queda de qualidade do ambiente urbano, ocorre uma redução das viagens não motorizadas, pois são modos diretamente afetado pelo tempo de viagem. Tudo isso pode ainda resultar na perda de mobilidade e acessibilidade a bens, serviços, contatos sociais, além de certo isolamento desta população.

Numa abordagem nacional que dedicou-se a determinar a importância dos impactos resultantes do efeito barreira causado por uma rodovia em trecho urbano, Silva Júnior e Ferreira

(2008) concluíram que a insegurança, a dificuldade nas travessias e o desestímulo ao uso das passarelas, alteração no número de viagens e na qualidade ambiental, foram os impactos (variáveis) mais relevantes neste estudo.

Na busca por avaliar os impactos na mobilidade e acessibilidade, além das possíveis consequências disto no orçamento familiar, Neri e Silva Junior (2023) concluíram que renda e oportunidades de travessia influenciam os deslocamentos. As áreas mais valorizadas, em geral, são ocupadas por famílias de alta renda, que têm mais mobilidade e acessibilidade, reforçada pela maior facilidade em adquirir e manter veículos individuais motorizados, que facilitam e agilizam os deslocamentos, mesmo em oásis afetados por uma barreira urbana.

Os mesmos autores ainda argumentam que pessoas de baixa renda vivem nas áreas com menos opções de travessia, que em geral estão mais afastadas, dificultando ainda mais o deslocamento e contribuindo na limitação do acesso a serviços. Na busca por melhorar as condições de transporte, devido principalmente a barreira existente, a distância e a uma possível deficiência do transporte público, esta população acaba comprometendo parte importante de suas rendas na aquisição de veículos individuais motorizados. Tais desigualdades são reforçadas pela desvalorização do solo ao longo de áreas com menos pontos de travessias, ou seja, menos acessíveis.

Assim foi possível observar brevemente que existem diversos tipos de abordagens que vêm sendo realizadas a respeito do efeito barreira. Entretanto é necessário incluir pesquisas que analise os impactos na acessibilidade e mobilidade da população em conjunto com características como os padrões de viagem, população, número de pessoas por domicílio, propriedade de veículos motorizados e suas possíveis relações com o objeto causador da separação ou barreira na comunidade local.

Uma importante questão a ser lembrada é que boa parte dos trabalhos sobre efeito barreira, tanto no Brasil como em outros países, concentraram-se em compreender tais efeitos oriundos de infraestruturas de transporte sobre os pedestres e em menor escala os ciclistas. Pesquisas que utilizem de banco de dados de transporte, em crescente número nas médias e grandes cidades do Brasil, podem contribuir em viabilizar, de modo mais efetivo, a inclusão de outros modos de transporte (usuários do transporte público, motoristas e motociclistas). Todas as pessoas e as diferentes modalidades de transporte, de alguma forma sofrem algum impacto decorrente do efeito barreira causado por rodovias em áreas urbanas. Transporte não motorizados e alguns grupos populacionais, como já visto, são os maiores afetados, porém é necessário ampliar os horizontes de compreensão deste fenômeno urbano, tão comum nas cidades brasileiras.

2 OBJETIVO

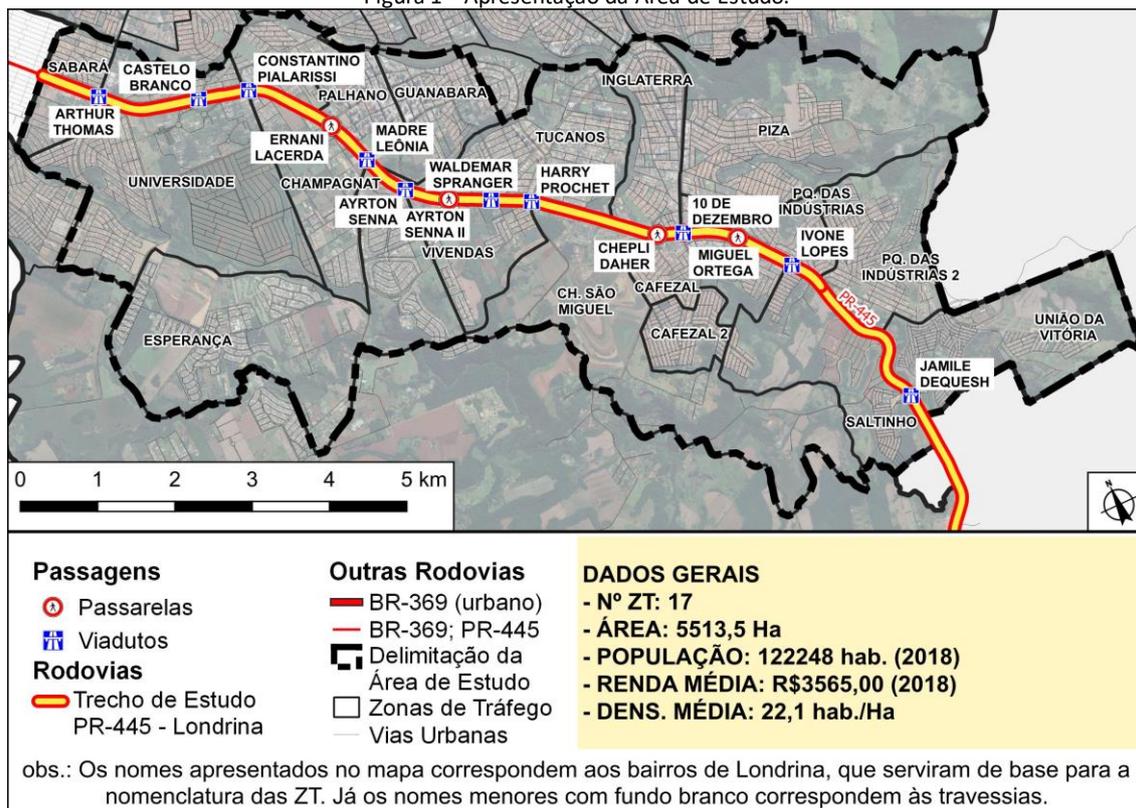
Identificar os impactos do Efeito Barreira de uma rodovia urbana sobre a divisão modal da população em áreas lindeiras a infraestrutura rodoviária e suas possíveis consequências na mobilidade e acessibilidade urbana.

3 MÉTODO

A região de estudo (ver no mapa da Figura 1) compreende 17 ZT adjacentes ao trecho urbano da PR-445 em Londrina/PR, com 12,1 km de extensão. O trecho começa no cruzamento com a Av. Arthur Thomas no Jd. Sabará (próximo à divisa com Cambé/PR) e termina no acesso ao Conjunto Jamile Dequech (ao sul). A infraestrutura rodoviária é duplicada, com duas pistas de rolamento, acostamento e barreira de concreto ao centro. Vias marginais estão presentes em quase todo o trecho (10,0 km). O volume veicular é alto, tanto local quanto de passagem, e as velocidades são elevadas (70 km/h). A rodovia conta com dez travessias em desnível para veículos e pedestres (viadutos) e mais quatro passarelas para pedestres, totalizando 14 oportunidades de transposição.

Este estudo é uma continuidade do trabalho realizado por Neri e Silva Junior (2023) intitulado “O Efeito Barreira de Rodovia Urbana e os Impactos sobre a Mobilidade e Despesas com Transportes”, na mesma área, entretanto utilizando outras variáveis relacionadas a mobilidade e acessibilidade a cidade em relação ao estudo anterior.

Figura 1 – Apresentação da Área de Estudo.



Fonte: Os autores (2023).

O material utilizado como base foi o banco de dados da Pesquisa Domiciliar de Londrina, realizada em 2018 para apoiar a elaboração do Plano de Mobilidade. Trata-se de uma coleta de dados sobre padrões de viagens e aspectos socioeconômicos de uma amostra representativa de domicílios, famílias, indivíduos e viagens. Os dados estão disponíveis em formato de planilha eletrônica no site do Instituto de Planejamento e Pesquisa de Londrina

(IPPUL). A pesquisa foi realizada em 91 zonas de tráfego (ZT), que foram constituídas a partir da divisão dos 717 setores censitários do município de Londrina. Os dados sociodemográficos dessas ZT foram atualizados para o ano de 2018 (IPPUL, 2018). A partir desses dados, foram realizados os seguintes procedimentos:

- Utilização dos dados de geração de viagens das 17 ZT lindeiras ao trecho urbano da PR-445 em Londrina/PR;
- Seleção das variáveis sociodemográficas e dos padrões de viagens da população nas ZT de estudo: Renda Média/domicílio; População; Geração de Viagens; Divisão Modal (a pé; autos; motos; ônibus; bicicleta; e outros); Número de Pessoas/domicílio; Veículos Motorizados/domicílio; Número de Deslocamentos/pessoa/dia; e Viagens Internas;
- Construção de uma matriz de correlação estatística entre as oito variáveis delimitadas com o intuito de selecionar as variáveis que obtivessem ao menos alguma correlação com uma de seus pares;
- Construção de mapas temáticos em Sistema de Informação Geográfica (SIG) com base em variáveis que relacionavam: Divisão modal/ZT e Renda Média/domicílio/ZT com Geração de Viagens/ZT, Número de Deslocamentos/pessoa/dia/ZT; Veículos Motorizados/domicílio/ZT e Viagens Internas/ZT.

Para obter informações a respeito do alcance das linhas de ônibus que serve a área de pesquisa e sua população, os itinerários que a percorrem foram mapeados e suas frequências correspondentes a um dia típico inseridas na sua base de dados. No *software* QGIS, foi obtida a densidade das linhas a partir de sua interpolação com um raio de 300 m, baseada na quantidade de horários em um dia típico para o período de 24 horas. Estes dados foram fornecidos pelas empresas que prestam o serviço, pela Companhia Municipal de Transporte Urbano (CMTU) e por aplicativos de mobilidade urbana.

4 RESULTADOS

Nesta seção, inicialmente serão apresentadas a correlação linear entre as treze variáveis estudadas, destacando as que obtiveram os seguintes resultados: positiva muito forte (entre 0,9 e 1,0 – cor verde escura); positiva forte (entre 0,7 e 0,9 – cor verde intermediária); positiva moderada (entre 0,5 e 0,7 – cor verde clara); negativa moderada (entre -0,5 e -0,7 – cor alaranjada); e negativa forte (entre -0,7 e -0,9 – cor vermelha), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de Correlação Linear entre as variáveis analisadas

Variáveis/ZT	AP	AU	MO	ON	BI	OU	PO	RM	GE	PD	VP	VI	VM
A pé (AP)	1,0												
Autos (AU)	-0,8	1,0											
Motos (MO)	0,1	-0,6	1,0										
Ônibus (ON)	-0,1	-0,5	0,5	1,0									
Bicicleta (BI)	0,4	-0,4	0,3	-0,1	1,0								
Outros (OU)	0,2	-0,2	0,0	-0,1	-0,3	1,0							
População (PO)	0,2	-0,2	0,2	0,0	0,3	-0,2	1,0						
Renda Média/dom. (RM)	-0,6	0,9	-0,6	-0,5	-0,3	-0,3	0,0	1,0					
Ger. Viagens (GV)	-0,1	0,4	-0,4	-0,4	0,2	-0,4	0,5	0,5	1,0				
Pess./dom. (PD)	0,3	-0,3	0,1	0,2	0,4	-0,2	0,0	-0,1	-0,1	1,0			
Viag./pes./dia (VP)	-0,4	0,7	-0,7	-0,5	0,0	-0,4	-0,1	0,8	0,4	0,1	1,0		
Viag. Internas (VI)	0,5	-0,2	0,0	-0,4	0,7	-0,2	0,6	0,0	0,6	0,2	0,1	1,0	
Veíc. Mot./dom. (VM)	-0,7	0,8	-0,5	-0,4	-0,1	-0,3	-0,3	0,8	0,3	0,0	0,7	-0,1	1,0

Fonte: Os Autores, 2023.

A Tabela 1 apresenta a correlação linear entre as variáveis do estudo. Nela podemos destacar: a correlação linear muito forte entre a renda média e a participação do automóvel nos deslocamentos realizados por ZT; a forte correlação positiva entre renda com o número médio de veículos motorizados/domicílio e a quantidade de deslocamentos gerados/pessoa/dia. Tais dados apresentam indícios de que quanto mais alta for a renda de uma família ou indivíduo, maiores serão suas condições de gerar deslocamentos, bem como acessar a um veículo próprio, sobretudo o automóvel.

Também foi possível observar uma forte correlação entre a quantidade de viagens internas/ZT geradas pelas populações com a participação da bicicleta nos deslocamentos, sendo este modo de transporte adequado para percursos de médias ou pequenas distâncias, que neste caso ocorrem em sua maioria dentro das próprias ZT.

Por outro lado, vale destaque as relações inversamente proporcionais entre a média de veículos motorizados/domicílio/ZT e a participação do automóvel nos deslocamentos gerados pelas ZT, ambas em relação a utilização do modo a pé nos deslocamentos. Ou seja, quanto maior for sua participação na divisão modal da ZT, as variáveis mencionadas diminuem. Apesar de moderada, a renda média teve relação negativa com os modos de transporte a pé, ônibus e motocicletas. Este dado é importante pois ajuda a compreender que, em geral, se maiores forem as rendas familiares, estas tendem a utilizarem menos os modos não motorizados, coletivos e as motocicletas, sendo esta última por sua vez, ganhando certo destaque em comunidades de baixas rendas por serem mais acessíveis economicamente que os carros. As variáveis “número de pessoas/domicílio/ZT” e “população/ZT”, por possuírem fracas correlações lineares com as demais, não foram selecionadas para as análises espaciais.

4.1 A Geração de Viagens no Entorno da Rodovia e a Escolha pelo Modo de Transporte

Embora a geração de viagens também esteja ligada ao tamanho da população e da densidade demográfica de uma região, fatores como renda e divisão modal podem ajudar a explicar este fenômeno, sobretudo em áreas que possuem alguma influência de um Polo Gerador de Tráfego (PGT) ou mesmo de uma barreira causada por uma infraestrutura de transporte, como as rodovias urbanas.

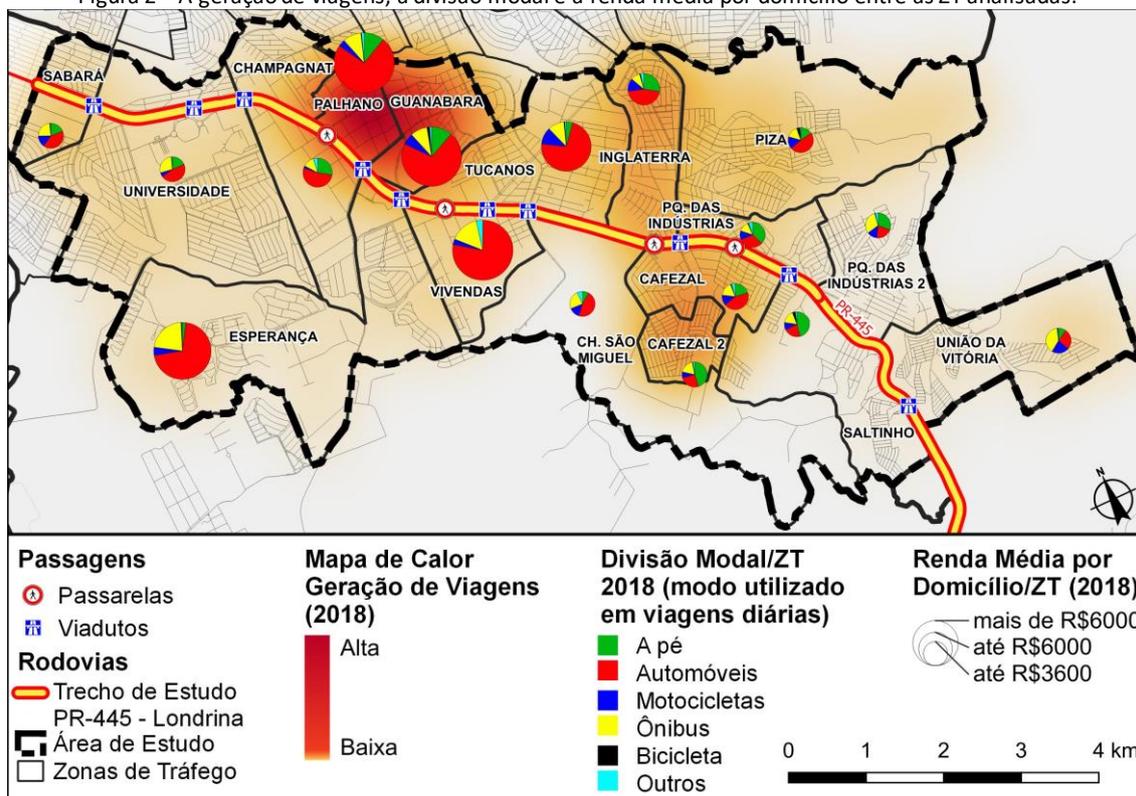
Ao longo do trecho rodoviário inserido na área de pesquisa, as travessias urbanas estão distribuídas de forma desigual e nos locais onde estes dispositivos estão mais próximos uns dos outros (médias próximas a 500 m), encontram-se as ZT que mais geram viagens, como nos casos da Palhano e Guanabara. Estas duas ZT estão posicionadas de forma privilegiada em relação a rodovia por não ser necessária sua transposição nos deslocamentos realizados pela população em direção a outras áreas de atração de viagens de Londrina. O Mapa da Figura 2 também permite observar que estas ZT, seguida de mais duas vizinhas (Esperança e Vivendas), porém na outra margem da rodovia, são caracterizadas por altas rendas médias por domicílio (acima de R\$ 6.000,00), o que pode, em partes explicar a alta geração de viagens.

Vale a pena frisar que estas quatro ZT possuem em comum um grande predomínio no uso dos automóveis em seus deslocamentos diários. No caso específico da Vivendas e da Esperança, estes valores são de 78% e 71%, respectivamente. Por se caracterizarem em áreas de recente ocupação urbana e predominância de condomínios horizontais residenciais, são locais sem uma grande diversidade de uso do solo, portanto, com poucas opções de comércio e serviços e baixas densidades populacionais. Atrelado a isto, as grandes distâncias até as outras áreas de atração de viagens, os vazios urbanos e as limitações impostas pelas travessias urbanas da PR-445, ajudam a explicar tal fenômeno. As condições econômicas favoráveis somada a busca por melhorar o acesso aos serviços urbanos e de mobilidade, explica a grande dependência do automóvel perante esta população em detrimento das outras modalidades de transporte, que em muitos casos acabam não sendo viáveis.

Neste caso é possível afirmar que os locais com maior presença de dispositivos para travessia da rodovia (passarelas ou viadutos, como na Figura 2) coincidem com as ZT de maior renda média/domicílio e maior produção de viagem, já que o alto uso do automóvel impulsiona mais deslocamentos. Além disso, as áreas que são mais acessíveis e conectadas tendem a ser valorizadas no mercado imobiliário, portanto mais acessíveis economicamente a famílias de rendas maiores.

Outro fator de destaque é que próximo a esta região da área de estudo, onde se encontram mais pontos de travessia da rodovia, localizam-se dois grandes PGT, um shopping-center e uma universidade pública que possui uma população universitária de mais de 20 mil pessoas.

Figura 2 – A geração de viagens, a divisão modal e a renda média por domicílio entre as ZT analisadas.



Fonte: Os autores (2023).

Em contrapartida, no trecho da rodovia que margeia a ZT Cafezal 1 e Parque das Indústrias 1, existem quatro travessias com média de 460 m de distância entre elas (similar ao que ocorre entre as ZT Palhano, Vivendas, Guanabara e Esperança), suas rendas médias/domicílio são baixas, entretanto no caso da Cafezal 1, os modos individuais motorizados correspondem a mais de metade dos deslocamentos (44% autos e 13% motos). Tal situação pode ser potencializada devido esta ZT estar posicionada de forma que a rodovia funcione como uma barreira a mobilidade desta população, sobretudo por modos coletivos ou não motorizados, que acabam por ser menos viáveis que os automóveis e as motocicletas, por exemplo.

Outras ZT que geraram consideráveis volumes de viagens (conforme o mapa de calor da Figura 2), também possuem como característica o maior uso de modos individuais motorizados nos deslocamentos diários da população (Cafezal 1, Inglaterra e Parque das Indústrias 1). Outro ponto importante é que estas ZT se localizam nas proximidades das maiores concentrações de travessias da rodovia. A exceção ficou com a ZT Cafezal 2, localizada na mesma posição que a Cafezal 1 em relação a rodovia, porém mais afastada dela. Nesta ZT as viagens a pé corresponderam a 45%, seguidas de 26% dos automóveis, 18% ônibus e 8% motos. Este predomínio do modo a pé pode ser explicado por se tratar de um bairro consolidado e predominantemente residencial, onde muitos destes deslocamentos são de curtas distâncias para fins de serviços ou comércio de caráter local e ocorrem dentro da própria ZT (ver mapa 3 da Figura 3). Além disso, a renda média mais baixa e consequentemente a maior dificuldade econômica para posse de veículos individuais motorizados, somada a menor viabilidade do uso

da bicicleta e de um provável serviço de transporte público por ônibus deficitário, são outros fatores que podem ter contribuído para tal característica.

No extremo sul da área de pesquisa e mais isolada se comparada as demais (ver na Figura 2), na ZT Saltinho é perceptível que a geração de viagem é bem inferior aos vizinhos mais ao norte. Outro ponto importante é que há nesta área apenas um dispositivo de travessia da rodovia, neste caso em desnível, a conectando ao bairro vizinho União da Vitória. As longas distâncias e condições socioeconômicas, somadas ao isolamento da malha viária principal, são fatores que podem ter contribuído para este menor quantitativo de viagens geradas nesta região, que é composta sobretudo pelo CJ. Hab. Jamile Dequesh.

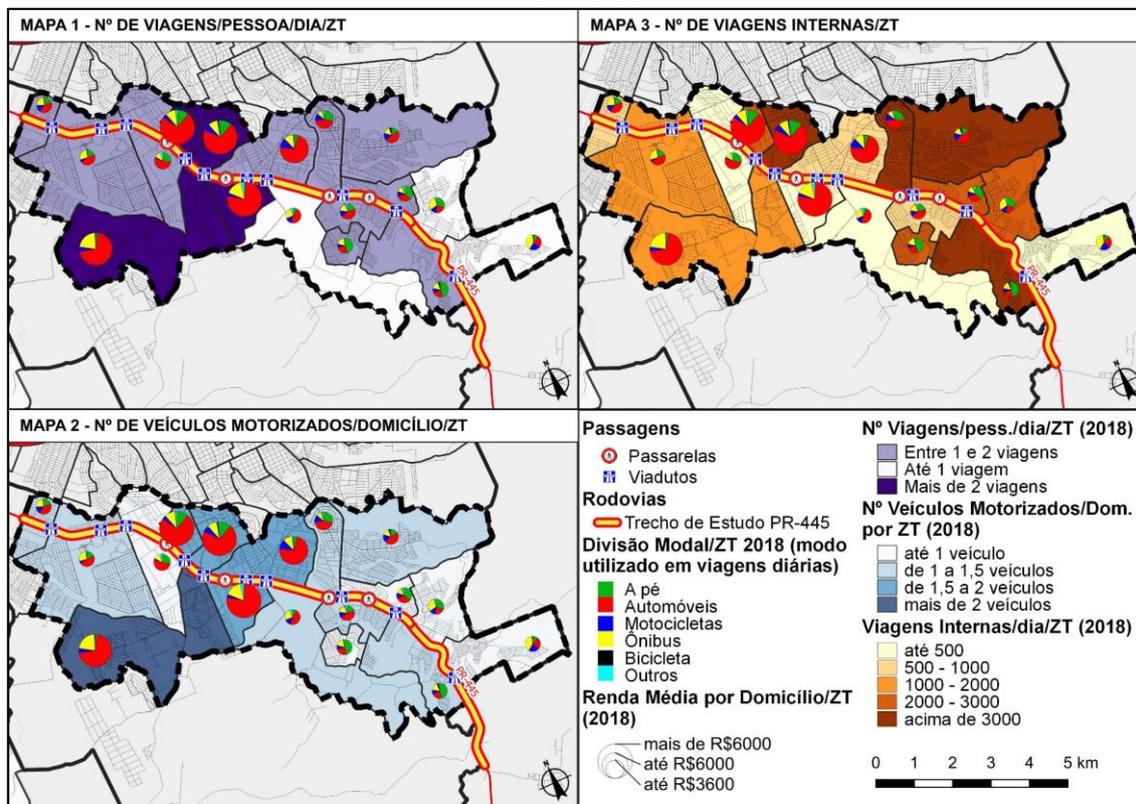
4.2 O Número de Deslocamentos Diários por Pessoa, a Posse de Veículos Motorizados por Domicílio e as Viagens Internas nas ZT do Entorno da Rodovia

Quando postadas lado a lado e também confrontadas com a divisão modal, as variáveis “Veículos Motorizados/domicílio e Viagens/pessoa/dia” possuem bastante semelhança entre as ZT. Além disso, estas duas variáveis também estão ligadas a características de renda média/domicílio, que por sua vez impacta na da escolha pelo modo de transporte e na quantidade de viagens geradas pelas pessoas.

O trecho da PR-445 que possui dispositivos para travessias mais próximas, margeia ZT com as maiores médias de deslocamentos realizados por pessoa por dia (mais de duas viagens – tons roxos mais escuros no Mapa 1 da Figura 3), bem como números superiores quanto a posse de veículos motorizados por domicílio (tons de azul mais escuros Mapa 2 da Figura 3). São os casos das ZT: Esperança e Vivendas do Arvoredo, ambas em posição desfavorável em relação a rodovia; Palhano e Guanabara na margem oposta. No caso específico da ZT Esperança, ela foi a única com média acima de dois veículos motorizados por domicílio, confirmando a ideia de que ao ter a necessidade de transpor a rodovia, esta população tem buscado melhorar suas condições de acesso e mobilidade com o uso, sobretudo do automóvel (mais de 78%), facilitado pelas suas altas rendas médias por domicílio.

Em contrapartida, de todas as ZT com rendas altas, a Esperança, foi a única que apresentou mais de 20% dos deslocamentos realizados pelo modo ônibus, o que acaba sendo paradoxal com as ideias apresentadas até aqui. Porém isto pode ser explicado devido a presença de PGT, como um grande shopping center e um terminal do transporte coletivo por ônibus. No caso do primeiro, por gerar muitos empregos e constituir-se de um elevado número de estabelecimentos comerciais e de serviços, atrai muitas viagens, não somente de clientes, mas também de trabalhadores. Já para o segundo, por ser um ponto nodal de transporte, também se caracteriza como um polo de atração, concentrando linhas de ônibus que chegam de diversas áreas da cidade e até mesmo da região metropolitana.

Figura 3 – O número de deslocamentos por pessoa e por dia, a divisão modal e a renda média por domicílio entre as ZT analisadas.



Fonte: Os autores (2023).

Mais ao sul da área de estudo, foi possível observar que nos mapas da Figura 3, estão localizadas as ZT com as menores médias de deslocamentos/pessoa/dia e de quantidade de veículos motorizados/domicílio, além de nesta área predominarem as menores rendas médias. Estas regiões são as que possuem as maiores distâncias em relação ao centro da cidade, bem como menos proximidade entre as travessias urbanas da rodovia, as tornando mais desconectadas da malha urbana principal.

Ainda é importante frisar que no caso da ZT Cafezal 2 e Saltinho, as quantidades médias de deslocamentos/pessoa/dia podem ter sido reforçadas por possuírem grande parte de seus deslocamentos realizados a pé, já que as médias de veículos motorizados/domicílio registradas foram baixas (até um veículo na Cafezal 2). Esta informação é confirmada com o Mapa 3 da Figura 3, onde estas duas ZT mencionadas aparecem entre as que mais geraram viagens internas, que por sua vez, estão relacionadas aos deslocamentos a pé e mais curtos.

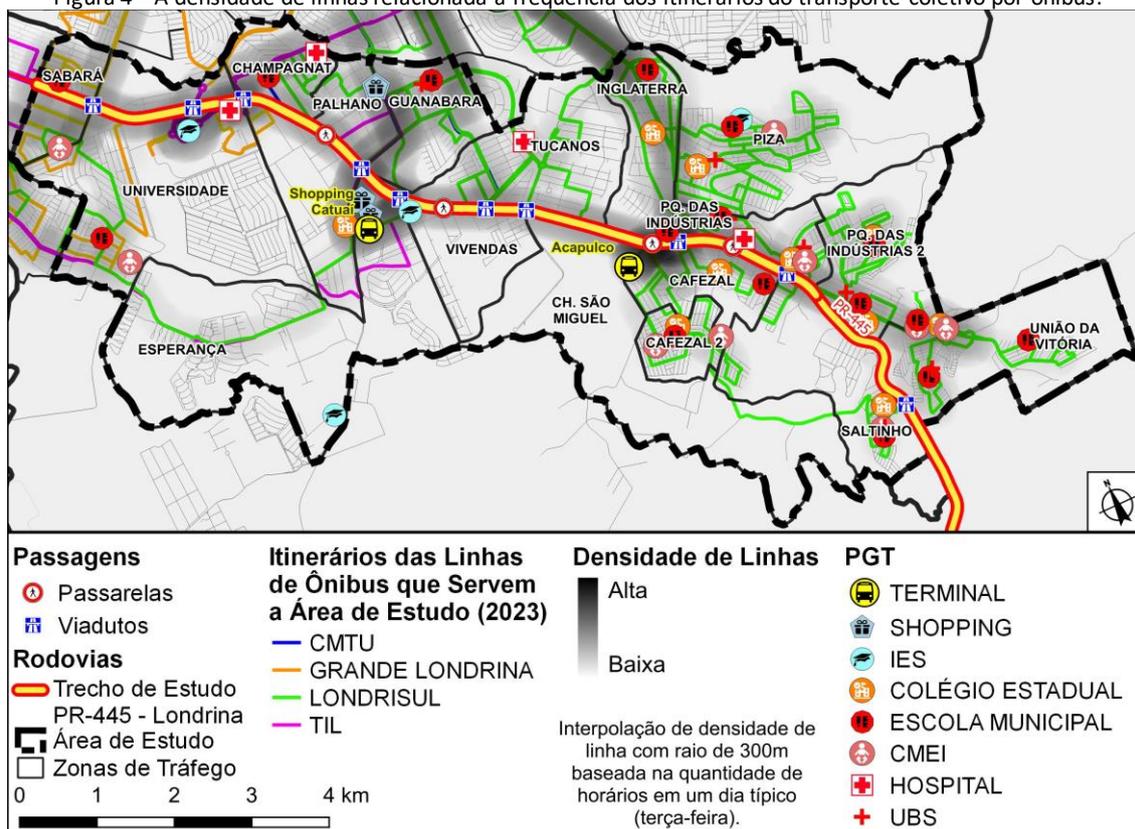
Outro destaque foi que nas ZT de menores rendas e quantidade de deslocamentos/pessoa/dia, o ônibus teve participação protagonista nas viagens geradas, como nos casos das ZT União da Vitória e Parque das Indústrias 2. Mesmo se tratando de ZT que não sofrem diretamente o efeito barreira da rodovia, este baixo número médio de viagens/pessoa/dia se deve ao fato delas dependerem muito do transporte coletivo por ônibus, que em geral é menos flexível, passível de baixas frequências e caracterizado por maior tempo de deslocamento, sobretudo nas periferias, diminuindo o potencial de produção de viagens destas áreas.

4.3 As Linhas do Transporte Coletivo por Ônibus que Servem o Entorno da Rodovia

A área de pesquisa possui dois terminais de bairros, o Acapulco e o Shopping Catuaí, além de ser atendida por 54 linhas do transporte coletivo por ônibus. Destas, 49 são do transporte público urbano, operadas por três empresas. Estas linhas possuem itinerários variados e que interligam as 17 ZT com boa parte dos bairros de Londrina, seu terminal central e os demais quatro terminais de ônibus urbano existentes (três da Zona Norte e um da Oeste). As outras linhas correspondem as ligações metropolitanas com Cambé e Ibiporã.

O mapa da Figura 4 apresenta o itinerário destas 54 linhas, com as cores distinguindo as empresas que as operam. Nele é possível observar que há uma distribuição destes percursos em quase todas as regiões urbanizadas da área de pesquisa. Além disso, PGT como shopping, terminais de ônibus, Instituições de Ensino Superior (IES), colégios, escolas, Centros Municipais de Educação Infantil (CMEI), hospitais e Unidades Básicas de Saúde (UBS), estão servidos com ao menos uma destas linha nas suas proximidades.

Figura 4 – A densidade de linhas relacionada a frequência dos itinerários do transporte coletivo por ônibus.



Fonte: Os autores (2023).

Os vazios existentes entre as linhas desenhadas no mapa correspondem, em sua maioria, a locais de baixa densidade populacional, vazios urbanos, condomínios residenciais horizontais, áreas em processo inicial de ocupação urbana ou ainda pela presença de uma grande área de uso específico, como no caso do campus da UEL (apesar da universidade ser servida por diversas linhas, estas se concentram na parte mais próxima da rodovia). Estas

lacunas estão predominantemente inseridas em ZT posicionadas em área desprivilegiada em relação a rodovia, com ligações a outras regiões da cidade limitadas aos pontos de travessias urbanas (viadutos ou passarela de pedestres) existentes na PR-445.

Outra informação importante presente no Mapa da Figura 4 é em relação a densidade das linhas. Este dado foi adquirido a partir de uma ferramenta que calcula a densidade das linhas correspondentes aos seus itinerários. Foi acrescido um peso correspondente a frequência diária de um dia típico de cada uma destas linhas, sendo a densidade delas ponderada também a esta informação. No mapa é possível observar que nas proximidades dos terminais de ônibus, as manchas mais escuras representam áreas com acúmulos de itinerários, bem como suas frequências, o que explica os tons em preto. Esta característica visual também pode ser observada ao longo de importantes eixos viários da área de estudo como a própria PR-445 e algumas vias que se conectam com os dispositivos de travessia existentes.

Em suma, as regiões que possuem as maiores densidades, correspondentes aos itinerários do transporte coletivo por ônibus que estão localizados nas proximidades dos pontos de travessia, sobretudo onde estes são mais perto uns dos outros. No trecho da rodovia que margeia as ZT Vivendas e Esperança, isto é potencializado pela presença de importantes interconexões que com a rodovia, da localização de um terminal de ônibus e de um shopping-center, pontos de atração de viagens. Um processo semelhante ocorreu no caso da ZT Cafezal 1, que mesmo não possuindo um shopping no seu entorno, a pequena distância entre três travessias urbanas, contribuiu para a melhoria das conexões desta ZT, bem como na concentração dos itinerários das linhas de ônibus que servem esta área.

Outro local de alta densidade que também merece destaque é o trecho da PR-445 que margeia as ZT Universidade e Champagnat, que pode ser explicada pela presença de um grande PGT (UEL), somada a importantes ligações entre ambos os lados da rodovia e consequentemente destas ZT com as demais regiões da cidade.

Em contraponto com estas regiões mencionadas, na ZT Saltinho, ao sul da área de pesquisa, os tons em cinza bem claros e quase imperceptíveis significam se tratar de uma área de baixa densidade de linhas e frequência, ou seja, o que pode significar numa baixa qualidade na prestação deste serviço público. Nesta região se encontra o Conjunto Hab. Jamile Dequech, localizado na extremidade sul da ZT e com apenas uma opção de transposição da rodovia. É servido por apenas duas linhas do transporte coletivo por ônibus urbano e ambas a conectam ao Terminal Acapulco, na ZT Cafezal 1. Isto significa que esta população, ao se deslocar em direção a outras regiões de Londrina que geram empregos e concentram comércios e serviços, em grande parte deverá realizar uma baldeação. Tal situação incorre em maiores tempos de deslocamento e esperas, o que consequentemente aumenta o tempo total de viagem.

O efeito barreira causado pela rodovia, somado a maior distância e a baixa conexão viária deste bairro, confirma a ideia de que esta população tem suas condições de acessibilidade aos serviços urbanos prejudicada, pois são maiores as dificuldades encontradas na realização das viagens diárias, sobretudo de quem depende dos serviços de transporte coletivo por ônibus. Este pode ser um fator que explica a grande parcela dos deslocamentos gerados por estas pessoas ser a pé, podendo caracterizar-se por trajetos mais curtos e rápidos, dentro do próprio bairro. Além disso, as menores rendas médias/domicílio e baixa quantidade de veículos

motorizados/domicílio, também são fatores que contribuem para estas características adversas em relação a mobilidade e acessibilidade.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise do mapa de calor concluiu-se que as ZT com maior força na geração de viagem estão localizadas nas adjacências dos trechos rodoviários com travessias mais próximas umas das outras, sendo inclusive, compostas por populações de maiores rendas médias domiciliares e seus percentuais de viagens por automóveis estimados em 70% do total. Estas viagens são derivadas das dificuldades que a população local encontra para realizar seus deslocamentos por outros modos, tais como: a pé; bicicleta; e ônibus do transporte coletivo. Desta forma os moradores da região tentam amenizar os impactos negativos que a presença de uma rodovia pode causar nos seus deslocamentos, bem como a falta de oportunidades de travessias amplia as condições adversas de acessibilidade.

Tendo como referência as oportunidades de travessias pelo trecho da rodovia analisado, fica evidente que mais travessias gera mais viagens conforme a renda média/domicílio de cada ZT. Desta forma em ZT com altas rendas médias/domicílio observa-se a predominância de viagens individuais motorizadas. Por outro lado, em ZT com rendas médias mais baixas, observa-se a predominância de viagens não motorizadas a pé e deslocamentos realizados por transporte coletivo.

Por outro lado, no caso de uma ZT localizada na região Sul da área de estudo, onde há poucas opções de travessias da rodovia, deixando-a mais isolada em relação a outras regiões da cidade, a geração de viagens foi mais baixa. Até mesmo se comparada a outras ZT de população e renda similares e mesma posição em relação a PR-445. Nestas áreas, as viagens geradas possuíram predominância dos modos não motorizados, principalmente o modo a pé e possivelmente deslocamentos mais curtos.

Há evidências de que em ZT com maiores rendas médias/domicílio suas populações realizam em média mais deslocamentos por dia, sendo todas estas ZT localizadas no trecho da rodovia com maior oportunidade de travessias. São também nestas áreas que o uso do automóvel como modo de deslocamento diário é muito alto (acima de 70%), o que justifica o fato desta população, que possui melhores condições econômicas para aquisição de veículos motorizados, produzirem mais viagens/dia/pessoa que as demais ZT da área de estudo. Já as ZT de menor renda, sobretudo as localizadas em regiões menos conectadas e com menores oportunidades de travessias possuem, além de médias inferiores de deslocamentos/pessoa/dia, uma maior participação dos modos não motorizados e coletivos nas viagens realizadas.

As ZT com mais veículos motorizados/domicílio coincidiram com as de melhores rendas médias e são margeadas pelo trecho da rodovia com as maiores concentrações de travessias. Por outro lado, as ZT com números inferiores de veículos motorizados/domicílio e renda, estão nos trechos que possuem poucos dispositivos para transposição da rodovia. Nas ZT posicionadas de forma que sofrem o efeito barreira causado pela rodovia, foi possível observar em algumas delas que mesmo em áreas de baixas rendas, a média de veículos motorizados/domicílio foi ligeiramente superior as ZT com condições econômicas semelhantes, porém localizadas a margem oposta.

Tais características apontam para busca de melhorias das condições de mobilidade e acessibilidade desta população, que comprometem parcelas de seus rendimentos na aquisição de motocicletas ou automóveis, pois nestas áreas, além da questão da barreira causada pela rodovia, a frequência das linhas de ônibus em geral é mais escassa, além das grandes distâncias em relação às áreas mais centrais da cidade.

As áreas mais isoladas em decorrência da rodovia e das poucas opções de transposição, também estão entre as que menos são servidas pelo transporte público coletivo por ônibus. Na região sul da área de pesquisa, local com menos oportunidades de travessia, existem poucas linhas que servem a região e a frequência delas é baixa, comparadas as demais ZT. Isto reforça ainda mais a ideia de isolamento destas áreas em virtude das poucas conexões entre as margens da rodovia, provocando a necessidade de itinerários mais extensos, aumentando tempo e a distância destas viagens. Outro fator importante é que são estas as áreas em que a população mais necessita dos serviços do transporte coletivo, principalmente por suas características socioeconômicas mais desfavoráveis e pelas grandes distâncias das áreas com potencial para atração de viagens da cidade.

Nesta pesquisa foi possível concluir que as ZT em posição desfavorável em relação a rodovia são, de certa forma, impactadas negativamente pela sua presença em aspectos de acessibilidade e mobilidade. Entretanto os maiores impactos acabam por ocorrerem sobre as populações de menores rendas médias, que em geral, estão nas áreas mais afastadas e com poucas oportunidades de travessias. Nestes casos, o custo do transporte é possivelmente mais representativo em relação a renda destas famílias, que por terem suas condições de acessibilidade e mobilidade prejudicadas, se caracterizam por gerarem menos viagens e com maiores parcelas de seus deslocamentos realizados a pé ou de ônibus, que muitas vezes se mostrou deficitário nestes locais. Em busca de melhoria destes fatores, muitas destas famílias comprometem parte importante de suas rendas na aquisição de veículos motorizados, que podem melhorar suas condições de mobilidade. Em casos mais extremos, viagens podem ser suprimidas e oportunidades perdidas em virtude destas maiores dificuldades.

Apesar de a rodovia causar o efeito barreira a mobilidade e as condições de acessibilidade das pessoas afetadas, este não deve ser o único fator a ser considerado. A implantação de dispositivos para travessias mais próximos entre si, contribuirá para menores deslocamentos, itinerários de linhas de ônibus menos extensas e até mesmo uma maior conexão destes bairros com a malha urbana principal. Entretanto, políticas de uso e ocupação do solo mais racionais, ocupação de vazios urbanos existentes, desenvolvimento urbano orientado ao transporte e demais ferramentas de planejamento urbano precisam ser fomentadas para que tanto a expansão urbana desenfreada, quanto o traçado de rodovias muito próximos a áreas urbanas sejam amenizados.

6 REFERÊNCIAS

ANCIAES, P. R. Measuring community severance for transport policy and project appraisal. **WIT Transactions on the Built Environment**, 130, 559–570, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2495/UT130451>> Acesso em: 7 jun. 2022.

ANCIAS, P. R.; JONES, P.; MINDELL, J. S. Community Severance: Where Is It Found and at What Cost? **Transport Reviews**, v. 36, n. 3, p. 293–317, 3 maio 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2015.1077286>> Acesso em: 11 out. 2022.

CANTILLO, V.; ARELLANA, J.; ROLONG, M. Modelling pedestrian crossing behaviour in urban roads: A latent variable approach. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 32, p. 56–67, 16 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847815000716?via%3Dihub>> Acesso em: 11 out. 2022.

DE ANDRADE, M. O.; TAVARES, L. M. Impactos da Duplicação de Uma Rodovia Federal sobre a Mobilidade e a Acessibilidade em uma Pequena Cidade Nordestina. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 3, n. 3, p. 101–116, 1 dez. 2017. Disponível em: <<https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesenvolvimento/article/view/e214>> Acesso em: 11 out. 2022.

GRISOLÍA, J. M.; LÓPEZ, F.; DE DIOS ORTÚZAR, J. Burying the highway: the social valuation of community severance and amenity. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 9, n. 4, p. 298–309, 19 maio 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2013.769038>> Acesso em: 11 out. 2022.

IPPUL. **Banco de dados domiciliar 2018**. Disponível em: <<https://ippul.londrina.pr.gov.br/index.php/plano-de-mobilidade.html>>. Acesso em: 1 maio. 2021.

LARA, D. V. R.; DA SILVA, A. N. R. Equity issues associated with transport barriers in a Brazilian medium-sized city. **Journal of Transport & Health**, v. 14, n. January, p. 100582, set. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214140519300258?via%3Dihub>> Acesso em: 11 out. 2022.

LITMAN, T. **Transportation Cost and Benefit Analysis II - Barrier Effect**. [s.l.] VTPI, Victoria Transport Policy Institute, 2011. Disponível em: <www.vtpi.org/tca/tca0513.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

MACIOROWSKI, M. M.; SOUZA, J. C. Urban Roads and Non-Motorized Transport: The Barrier Effect and Challenges in the Search for Sustainable Urban Mobility. **Transportation Research Procedia**, v. 33, p. 123–130, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518302394?via%3Dihub>> Acesso em: 11 out. 2022.

MINDELL, J. S.; ANCIAS, P. R. Transport and community severance. In **Advances in Transportation and Health**, 2020, pp. 175–196. Elsevier. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819136-1.00007-3>> Acesso em: 7 jun. 2022.

MOUETTE, D.; WAISMAN, J. Proposta de uma metodologia de avaliação do efeito barreira. **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, v. 26, n. 2º Trimestre, p. 33–54, 2004. Disponível em: <http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/10/B9BD823A-1D2B-4ED2-80F9-A44BB52404F6.pdf> Acesso em: 27 set. 2021.

NERI, T. B.; SILVA JÚNIOR, C. A. P. DA. O Efeito Barreira de Rodovia Urbana e os Impactos sobre a Mobilidade e Despesas com Transportes. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 15, p. 1–20, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20210264>> Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVA JÚNIOR, S. B. DA; FERREIRA, M. A. G. Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 221–237, jun. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100015>> Acesso em: 14 abr. 2021.

VAN ELDIJK, J.; GIL, J.; MARCUS, L. Disentangling barrier effects of transport infrastructure: synthesising research for the practice of impact assessment. **European Transport Research Review**, v. 14, n. 1, p. 1, 18 dez. 2022. Disponível em: <<https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-021-00517-y>> Acesso em: 7 jun. 2022.