



Universidade de Brasília
Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia e Gestão de
Políticas Públicas (FACE)
Departamento de Economia

**Impactos da suburbanização e dos padrões de expansão urbana das Regiões
Administrativas nos custos ambientais da mobilidade no Distrito Federal**

Haniery de Brito Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Moisés de Andrade Resende Filho

Brasília
Novembro, 2020



Universidade de Brasília
Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia e Gestão de
Políticas Públicas (FACE)
Departamento de Economia

**Impactos da suburbanização e dos padrões de expansão urbana das Regiões
Administrativas nos custos ambientais da mobilidade no Distrito Federal**

Haniery de Brito Ferreira

Orientador: Prof. Dr. Moisés de Andrade Resende Filho

Monografia de conclusão de curso de Bacharel
em Ciências Econômicas. Universidade de
Brasília – UnB

Brasília
Novembro, 2020

Impactos da suburbanização e dos padrões de expansão urbana das Regiões Administrativas nos custos ambientais da mobilidade no Distrito Federal

Haniery de Brito Ferreira

Banca Examinadora

.....
Orientador: Prof. Dr. Moisés de Andrade Resende Filho

.....
Membro: Prof. Dr. Rodrigo Andrés de Souza Peñaloza

Brasília
Novembro, 2020

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por permitir que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida. Também agradeço a minha família, meus pais Raimundo e Maria José, minha irmã Raylane e minha namorada Ádria que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e dando todo o suporte necessário. Agradeço a todos os professores e colegas que contribuíram para minha formação, em especial ao professor Moisés por sua disponibilidade e apoio na elaboração deste trabalho.

Resumo

Com base em Camagni (2002) e Travis (2005), foram estimados os impactos da suburbanização e dos padrões de expansão urbana nos custos ambientais da mobilidade no Distrito Federal (DF), medidos pelo índice de impacto da mobilidade. Modelos de regressão linear foram estimados por mínimos quadrados ordinários (MQO), mínimos quadrados ponderados (MQP) e mínimos quadrados generalizados factíveis (MQGF), utilizando-se dados das trinta e três Regiões Administrativas (RAs) do DF no período 2018-2019. As estimativas do modelo preferido e inferência robusta à heterocedasticidade indicam que distância ao Plano Piloto, crescimento populacional e expansão urbana baseada no padrão de parcelamentos ilegais, invasões e programas governamentais de doação de terras aumentam custos ambientais da mobilidade. Por outro lado, densidade populacional, empregos por residente, ou seja, menor dependência econômica do Plano Piloto e demanda por mobilidade para fora reduzem custos ambientais da mobilidade. Assim, como a suburbanização tem alto custo ambiental no DF, recomenda-se que futuras expansões de áreas residenciais ocorram de forma mais densa e mais próxima ao Plano Piloto.

Palavras-chave: Mobilidade urbana; sustentabilidade urbana; economia urbana; custos ambientais; transporte; espraiamento urbano.

Abstract

Based on Camagni (2002) and Travis (2005), I perform an econometric analysis of the impact of suburbanization and urban expansion patterns on the environmental costs of mobility in the Federal District (DF), measured as the mobility impact index. I estimate linear regression models by ordinary least squares (OLS), weighted least squares (WLS) and feasible generalized least squares (FGLS), using data from the thirty-three Administrative Regions (ARs) of the Brazilian Federal District in the period 2018-2019. Estimates of the preferred model and robust inference to heteroscedasticity indicate that distance to the Pilot Plan, population growth and urban expansion based on the pattern of illegal installments, invasions and government land donation programs increase environmental mobility costs. On the other hand, population density, jobs per resident, which means lower economic dependence on the Plano Piloto, and demand for mobility reduce environmental mobility costs. As suburbanization has a high environmental cost in the Federal District, I recommend future expansions of residential areas in the DF to take place more densely and closer to the Plano Piloto.

Keywords: Urban mobility; urban sustainability; urban economics; urban form; environmental costs; urban sprawl.

Sumário

1. Introdução.....	8
2. Expansão urbana e seu impacto na mobilidade e meio ambiente	10
2.1. Expansão Urbana	10
2.2. Expansão e mobilidade urbana.....	12
2.3. Índice de impacto da mobilidade.....	13
3. Expansão e mobilidade urbana no Distrito Federal.....	16
3.1. Expansão urbana no Distrito Federal.....	16
3.2. Mobilidade urbana no Distrito Federal.....	20
4. Metodologia	24
4.1. Especificações do modelo econométrico.....	24
4.2. Dados.....	26
5. Resultados.....	27
5.1. Análise descritiva.....	27
5.2. Resultados.....	29
6. Conclusão.....	34
Referências Bibliográficas.....	36

1. Introdução

A partir da segunda metade do século XX, passa a se observar uma transformação no espaço urbano de algumas cidades dos Estados Unidos. O crescimento urbano que ocorria com base em altas densidades, passou a ocorrer de forma mais dispersa, com consequente redução da densidade demográfica. O mesmo fenômeno, alguns anos depois, passa a ser também observado em cidades europeias. De fato, a evolução recente das cidades tem se caracterizado pela segregação de residências, zonas de lazer e trabalho em territórios urbanos, bem como a abundância de propriedades residenciais dispersas (MEDIOLA, 2015)

A literatura sobre expansão urbana tem indicado que maiores densidades urbanas podem aumentar mobilidade (STEINER, 1994; DOWNS, 1992; METRO, 2004; FRANK e PIVO, 1994; CERVERO e KOCKELMAN, 1997) e reduzir as emissões de poluentes (HONG e SHEN, 2013; HONG et al., 2013; NEWMAN e KENWORTHY, 2006). A densidade urbana parece ser um fator chave, pois tem o potencial de reduzir a necessidade de viajar e, portanto, melhorar a sustentabilidade geral do tecido urbano (STEINER, 1994). Por outro lado, maiores densidades urbanas podem resultar em superlotação residencial, aumento de congestionamentos, perda de qualidade urbana, problemas com saneamento e poluição sonora, visual e ambiental. Como uma relação inequívoca entre densidade urbana e impactos na mobilidade não pode ser deduzida sem estudos empíricos, será desenvolvida neste trabalho uma análise para mensurar a relação entre expansão urbana e os impactos da mobilidade no Distrito Federal.

Brasília é uma cidade planejada, construída para ser a nova capital da república. Nos planos de Lúcio Costa, urbanista da nova capital, a cidade suportaria entre 500 e 700 mil pessoas. Quando o número de habitantes se aproximasse desse limite ela seria expandida para regiões periféricas chamadas de cidades satélites, que seriam pequenas e complementares (MANIÇOBA, 2014). Antes mesmo que as obras fossem finalizadas, algumas dessas “cidades satélites” começaram a surgir. Brasília recebeu um intenso fluxo de pessoas atraídas pelas oportunidades de emprego na construção da nova capital. Esses operários se instalaram em favelas próximas dos canteiros de obras do Plano Piloto, fazendo com que o plano inicial de urbanização da capital não chegasse a ser cumprido. Desde então a área urbana de Brasília tem sofrido diversas transformações.

Segundo o Panorama habitacional prospectivo para o DF - 2020/2025 elaborado pela CODEPLAN (Companhia de desenvolvimento e Planejamento do Distrito Federal), as

projeções para o Déficit Habitacional Urbano no DF ficarão situadas nos seguintes intervalos: 2020: entre 125.990 e 133.839 domicílios; 2025: entre 133.917 e 151.276 domicílios. Dado o déficit habitacional da capital brasileira, estudos e análises sobre o tema proposto por este trabalho são de fundamental importância para a tomada de decisão dos agentes e autoridades públicas responsáveis pelo planejamento urbano no Distrito Federal.

Este trabalho tem como objetivo fazer a análise de um dos impactos mais debatidos causados pela expansão urbana, os custos relacionados à mobilidade, por exemplo, os relacionados aos tempos de viagem, viagens de automóvel, poluição do ar e do ambiente. Com base em Camagni (2002) a análise utilizará o índice de impacto da mobilidade (IMPMOB), e com dados coletados das regiões administrativas do Distrito Federal. Foi estimado um modelo que capta as relações causais entre os impactos de viagens e fatores que explicam a expansão urbana. Para isso, é realizada uma breve revisão de literatura com o intuito de caracterizar o fenômeno do espraiamento urbano no primeiro capítulo e no segundo é apresentado o histórico de como ocorreu à expansão urbana do Distrito Federal e quais seus impactos na mobilidade, os próximos capítulos do trabalho abordam a metodologia utilizada, os resultados do modelo estimado e por fim as conclusões alcançadas.

2. Expansão urbana e seu impacto na mobilidade e meio ambiente

Neste capítulo, faz-se uma revisão de literatura no sentido de caracterizar o que seria o fenômeno do espraiamento urbano e seus impactos na mobilidade e meio ambiente. São utilizados como referências alguns estudos que buscaram analisar e compreender melhor o tema proposto, desde as primeiras observações em algumas cidades americanas.

2.1. Expansão Urbana

Os espaços físicos de grandes cidades a partir da metade do século XX começaram a sofrer transformações em sua estrutura e organização. O crescimento da área urbana que até então seguia de forma vertical, densa e compacta é substituído por uma forma de expansão mais dispersa, chegando a áreas periféricas e aumentando os subúrbios urbanos. O desenvolvimento de cidades que se expandem de forma ilimitada e de maneira contígua fora do núcleo solidamente construído e constituído em uma área metropolitana começou a ser observado inicialmente nos Estados Unidos da América (EUA) e despertou o interesse de diversos estudiosos pelo mundo que investigam as diferentes formas do “*Urban Sprawl*”. Assim, na maioria dos casos, o termo *sprawl* é atribuído à expansão territorial descontrolada das cidades levando a uma diminuição das densidades populacionais urbanas (GALSTER et al., 2000). Essa forma de expansão é caracterizada por uma baixa densidade demográfica e por maiores espaços destinados a habitações unifamiliares. “De fato, a evolução recente das cidades tem se caracterizado pela segregação de residências, zonas de lazer e trabalho em territórios urbanos, bem como a abundância de propriedades residenciais dispersas” (MEDIOLA, 2015).

Em 1940, aproximadamente 15% da população dos Estados Unidos residiam nos subúrbios. No final do século pode ser observada uma mudança abrupta na localização das residências unifamiliares americanas, pois cerca de 60% destas já se localizavam em áreas suburbanas. Essa expansão é resultado de diversos fatores que influem na decisão do indivíduo sobre qual o espaço para habitação ele deve consumir. Dentre as variáveis que podem explicar essa escolha são destacadas a redução no custo da habitação (quanto mais distante do centro, menor será o preço cobrado), menores impostos sobre habitação, preferência pelo consumo de mais metros quadrados, proximidade de áreas verdes e afastamento de grandes fluxos de veículos e pessoas.

O afastamento da população dos centros urbanos só foi permitido devido à ascensão e disseminação do uso do automóvel. Esta é a razão porque tantas análises da situação social, econômica e custos ambientais da expansão urbana concentraram-se na presença generalizada do automóvel: uma tecnologia capaz de “trazer locais para mais próximos”, fornecendo acesso às informações e áreas urbanas cada vez mais dispersas e especializadas (Cervero; Newman e Kenworthy, 2018). A posse de um automóvel particular permite ao seu dono maior mobilidade e conseqüentemente amplia a fronteira de possibilidades de moradia e trabalho.

A dilatação do tecido urbano traz consigo a necessidade de novos locais de comércio e serviços que sejam capazes de atender aos novos padrões de consumo provocando a ascensão de subcentros onde se localizam atividades produtivas. Como forma de suprir a demanda da população surgem os shopping centers e empregos localizados em regiões afastadas dos centros urbanos. Neste aspecto, mais do que um fenômeno empiricamente observável na cidade contemporânea, a dispersão urbana é um processo social relacionado ao estilo de vida enaltecido pela modernidade (OJIMA, 2008).

No ano de 1974 foi realizada a pesquisa pioneira sobre os efeitos da expansão urbana. Elaborada pelo *Real Estate Research Corporation* do governo dos EUA, a pesquisa buscou estimar os custos econômicos e ambientais do crescimento e desenvolvimento de áreas suburbanas no país. Foram realizadas análises empíricas com dados sobre os principais dispêndios governamentais nas áreas de educação, infraestrutura viária e manutenção de áreas verdes. Quanto aos gastos do setor privado estimou-se o custo da construção e manutenção de shopping centers. Em relação aos custos para as famílias a análise buscou estimar os efeitos ambientais negativos como consumo de terra, nível de poluição da água e do ar, e custos sociais como tempos de viagens e acidentes de trânsito. O resultado da pesquisa identificou a variável densidade demográfica como fundamental para os custos na comunidade. Alguns outros estudos realizados confirmam o resultado da pesquisa, mas existem aqueles que contestam o resultado, como Altshuler (1977) e Windsor (1977).

Segundo Camagni (2002), existem muitas razões que podem ser relacionadas ao sucesso da “metrópole difusa”. Dentre essas razões podem ser destacadas a localização residencial distante da baixa qualidade ambiental dos centros urbanos da cidade densamente construída, menor poluição, redução da degradação dos espaços públicos e aumento da segurança. Outra vantagem para a formação de cidades mais dispersas pode ser relacionada a

atividades econômicas, pois implica em custos mais baixos de desenvolvimento para atividades que não exigem acessibilidade ao centro. Da mesma forma, estudos apontam que o crescimento urbano compacto ou gerenciado pode incentivar a economia de custos operacionais para serviços públicos, como escolas e linhas de abastecimento de água / esgoto (Burchell, 1992).

O caso de Los Angeles é um dos mais associados ao processo de espraiamento urbano, pois entre 1970 e 1990, a população da cidade cresceu em torno de 45%, enquanto que, no mesmo período, a área urbana cresceu em 300% (MEADOWS, 1999). Los Angeles é altamente dependente do automóvel, cerca de 40% de sua área urbana total é destinada para infraestrutura rodoviária. A cidade é um exemplo de que nem todos os casos de expansão urbana resultam em forte degradação ambiental, segregação ambiental e intensos congestionamentos, fatores comumente criticados pelos estudos sobre expansão urbana. Segundo Burchell (1998), em um contexto mais amplo o problema da expansão de Los Angeles pode resultar mais da tremenda área terrestre da cidade e separação extrema dos usos da terra do que apenas a densidade. Portanto cada caso de expansão urbana tem suas peculiaridades e antes que sejam feitas análises precipitadas é necessário um estudo para mensurar os possíveis impactos da expansão urbana em determinada região.

2.2. Expansão e mobilidade urbana

Para Trivasi (2010) os supostos impactos negativos da mobilidade, no que se refere à expansão, envolvem a densidade, modo de viagem e o padrão de empreendimentos residenciais. Um dos principais fatores que determinam o comportamento das viagens é a densidade populacional. Cidades com densidades mais altas tendem a utilizar meios de transporte público, ou até mesmo não motorizados devido à facilidade de acesso e a redução na distância do destino pretendido. A literatura tem defendido formas de expansão urbana baseadas na alta densidade populacional, principalmente por reduzir os custos econômicos, sociais e ambientais de infraestrutura urbana (SPILLAR e RUTHERFORD, 1990; DUNPHY e FISHER, 1996; BHAT e SINGH, 2000).

Camagni e Gibelli (2002) encontraram evidências de que os impactos na mobilidade estão inversamente correlacionados com a participação e a competitividade do transporte público. A ineficiência do transporte público sujeita ao mau planejamento urbano e falta de opções de modos de transportes ágeis e sustentáveis tornam os automóveis particulares a melhor opção para os deslocamentos. O uso intensivo de transporte automotivo, sobretudo o

de uso individual, contribui para perdas ambientais, pois reduz os espaços verdes com a construção de infraestrutura viária e estacionamentos. O transporte privado consome mais espaço do que qualquer outro.

Como resultado, os requisitos de espaço do tráfego de veículos particulares não apenas implicam em um maior adensamento das cidades, mas também é um dos principais contribuintes para pressões de congestionamento e estacionamento no espaço público, uma vez que frequentemente incapaz de acompanhar os níveis crescentes de tráfego de veículos (RODE, 2014, p 244).

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em parte deve-se ao crescente uso do automóvel. Segundo Ewing, Pendall e Chen (2002) existe forte correlação entre o índice de dispersão urbana e os níveis extremos de concentração de ozônio troposférico. Em um estudo que realizaram para as regiões metropolitanas dos Estados Unidos, dentre diversas variáveis testadas para cada área, a que melhor explicou os diversos níveis de concentração de ozônio troposférico foi o grau de dispersão urbana.

Rode (2014) aponta custos e benefícios indiretos da forte dependência do automóvel nas cidades que tem seu desenvolvimento orientado pela expansão. Segundo o autor, pode ocorrer um aumento nos gastos públicos com saúde devido ao maior número de poluentes e acidentes de trânsito. A diminuição da produtividade devido ao longo período que as pessoas passam em congestionamentos também são custos indiretos citados pelo autor. Custos como os citados podem ser minimizados com a utilização do transporte público. Quanto a benefícios, o autor destaca o impacto que obras de infraestrutura viária podem causar na renda, consumo e produção das famílias pelo fato desse tipo de investimento exigir um grande volume de capital e necessitar do uso intensivo de mão de obra. Mediante os custos e benefícios ocasionados pela expansão e mobilidade o desenvolvimento urbano precisa ser planejado de forma que proteja o meio ambiente garantindo o desenvolvimento econômico.

2.3. Índice de impacto da mobilidade

Camagni e Gibelli (2002) propuseram um indicador sintético que mede o impacto ambiental médio gerado por um passageiro residente em um determinado município durante suas jornadas de trabalho. Eles utilizaram o *Mobility Impact Index* (índice de impacto da mobilidade) para verificar se as diferentes formas de crescimento urbano podem ter relação com custos ambientais advindos do uso do solo e do aumento da demanda por mobilidade. O índice é aplicado na área metropolitana de Milão e a metodologia utilizada para desenvolvê-lo tem base em métodos estáticos fazendo o uso de análise econométrica. A análise busca

identificar variáveis que tentam explicar o desenvolvimento urbano e os custos sociais de sua expansão em um período de dez anos, entre 1981 e 1991. Os autores estimaram um modelo de regressão por Mínimos Quadrados Ponderados (MQP), e encontram uma relação inversa entre densidade populacional e o índice de impacto da mobilidade. Concluem que regiões onde a densidade é menos elevada, o custo ambiental é menor. Uma das razões para isso é a prioridade na utilização de transportes públicos e redução na dependência de utilização de automóveis particulares. Os autores identificam que quanto maior for o tempo gasto em transporte público, maior será a utilização do transporte via automóvel particular.

Travisi (2005) utiliza o índice de impacto ambiental para analisar a relação entre expansão e deslocamento urbano nas sete principais regiões urbanas da Itália compreendendo 739 municípios. O autor realiza uma análise por corte transversal para identificar se existem diferenças na forma que o modelo explica o impacto da mobilidade entre as diversas comunidades analisadas. O principal resultado encontrado foi que os coeficientes das distâncias da comunidade à cidade apresentaram pequenos valores negativos de onde se conclui que comunidades mais afastadas das cidades criam maior independência. O estudo também confirma o que foi apresentado por Camagni (2002), o aumento da densidade reduz o impacto da mobilidade.

Mendiola (2015) utilizou o índice de impacto da mobilidade para determinar se os fatores de uso da terra estão relacionados aos diferentes tipos de desenvolvimento e padrões de mobilidade para o trabalho. Utilizando técnicas de econometria espacial e regressão múltipla para analisar os efeitos de uso do solo sobre o impacto ambiental da mobilidade o estudo foi realizado em Biscaia uma das três províncias que compõem Euskadi, comunidade autônoma do país Basco, na Espanha, uma área de 2221 quilômetros quadrados com 111 municípios. O autor concluiu que as diferenças locais no impacto ambiental de viagens ao trabalho podem ser atribuídas em parte a diferentes usos da terra, ou seja, ao tipo de desenvolvimento urbano sofrido por cada cidade. Segundo Mendiola (2015), o impacto ambiental aumenta com a densidade populacional bruta e a contiguidade entre municípios próximos.

O índice de impacto da mobilidade será utilizado neste trabalho para investigar o impacto da expansão urbana por meio da variável densidade demográfica. Com base em Camagni (2002) e Travisi (2005), também foram utilizadas outras variáveis relacionadas ao

desenvolvimento urbano e os custos sociais da sua expansão, de maneira que os impactos da expansão do distrito Federal na mobilidade e meio ambiente sejam mais bem estimados.

3. Expansão e mobilidade urbana no Distrito Federal

Neste Capítulo será apresentado o histórico de como se deu a expansão urbana no Distrito Federal e quais foram seus efeitos na atual estrutura urbana da cidade.

3.1. Expansão urbana no Distrito Federal

Antes que os primeiros caminhões carregados de “candangos” chegassem ao planalto central com o objetivo de construir a nova capital do Brasil, já existiam cidades que ocupavam o território do quadrilátero que viria ser a região do Distrito Federal. Brazlândia e Planaltina, datadas de 1933 e 1859, continham algumas fazendas que foram desapropriadas pelo poder público. A ideia de desapropriar parte das terras tinha como base a tese de que o controle de terras contornaria diversos problemas enfrentados por grandes cidades com relação à habitação, mobilidade e infraestrutura urbana. Brasília foi então projetada dentro da tradição do “urbanismo racionalista”. A proposta de construção da capital seguia as recomendações da Carta de Atenas, seguindo quatro funções básicas: habitar, trabalhar, recrear e circular.

O plano inicial era que a cidade se expandisse apenas quando o Plano Piloto estivesse consolidado e chegasse à marca de 500 mil habitantes. A expansão aconteceria por meio da criação de cidades-satélites, posteriormente conhecidas como Regiões Administrativas (RAs). Essas cidades acabaram surgindo antes mesmo do término da construção de Brasília. Novas regiões passaram a ser habitadas para conter e deslocar invasões de terras que trabalhadores erguiam próximas ao Plano Piloto.

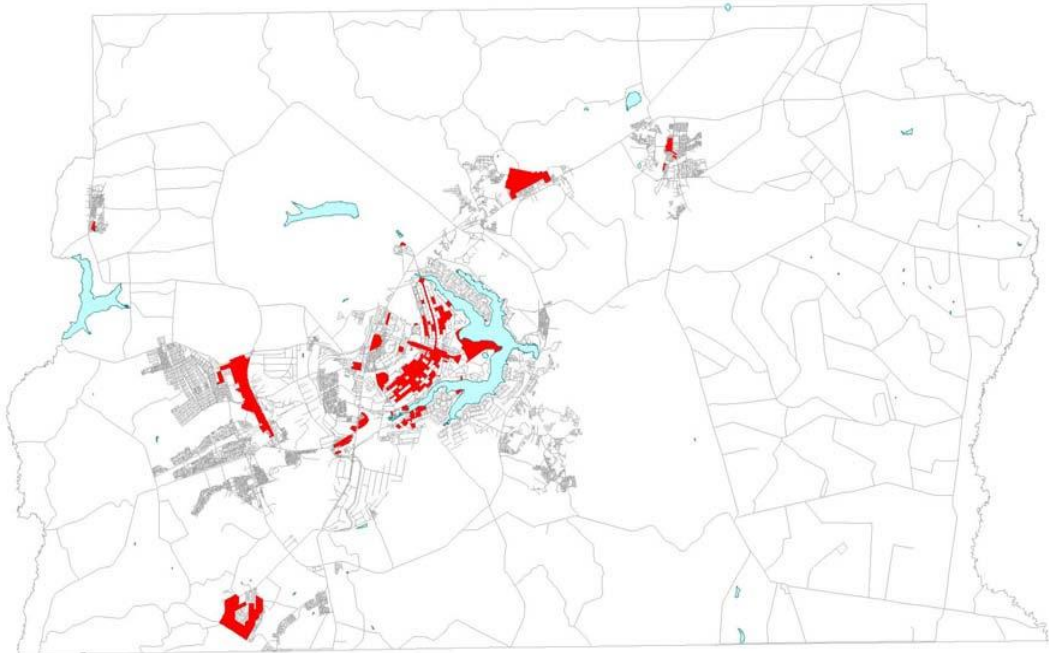
Em 1958, foi implantada Taguatinga, com a transferência da Vila Amauri, localizada na área que seria inundada pelo Lago Paranoá, e Sobradinho, em maio de 1960, construídos para alojar os moradores dos acampamentos das empreiteiras e populações residuais da Vila Amauri. A cidade do Gama foi implantada em outubro de 1960 para abrigar os moradores dos acampamentos do Paranoá, Vila Planalto e remanescentes da Vila Amauri. Em 1961, é fixada a “Cidade Livre”, que servia de apoio à construção de Brasília e deveria desaparecer após sua inauguração, surgindo o Núcleo Bandeirante. Planaltina e Brazlândia seguiram com sua estrutura original, e permaneceram distanciadas das dinâmicas da Capital Federal. Em 1964, o Distrito Federal se configurava como um território formado por oito núcleos urbanos: o Plano Piloto de Brasília, Gama, Taguatinga, Brazlândia, Sobradinho, Planaltina, Paranoá e Jardim, que mais tarde viria a ser substituído pelo Núcleo Bandeirante.

Figura 1 – Ocupação urbana no Distrito Federal em 1958



Fonte: Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - Documento Técnico (2017)

Figura 2 - Ocupação urbana no Distrito Federal em 1964



Fonte: Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - Documento Técnico (2017)

Entre 1970 e 1985, Brasília foi se consolidando como capital do país, com a transferência maciça de órgãos e servidores públicos do Rio de Janeiro, com uma taxa de crescimento anual em torno de 8,2%. A estrutura urbana, por sua vez, continuava a se expandir com a ocupação de novas áreas como o Lago Sul e o Lago Norte, mais próximas ao

centro e destinadas a abrigar servidores públicos. Durante esse período, a periferia já representava 78,54% da população de acordo com Censo de 1980, quando o Distrito Federal ultrapassou a casa de 1 milhão de habitantes.

Os anos 70 exigiram forte atuação do poder público na política habitacional. Diversos terrenos urbanos e conjuntos habitacionais foram entregues pelo governo para população. Mesmo com a entrega desses lotes, a oferta para famílias de baixa renda era escassa permitindo que a demanda reprimida se deslocasse para regiões distantes do Plano Piloto, formando diversas invasões espalhadas por todo o Distrito Federal.

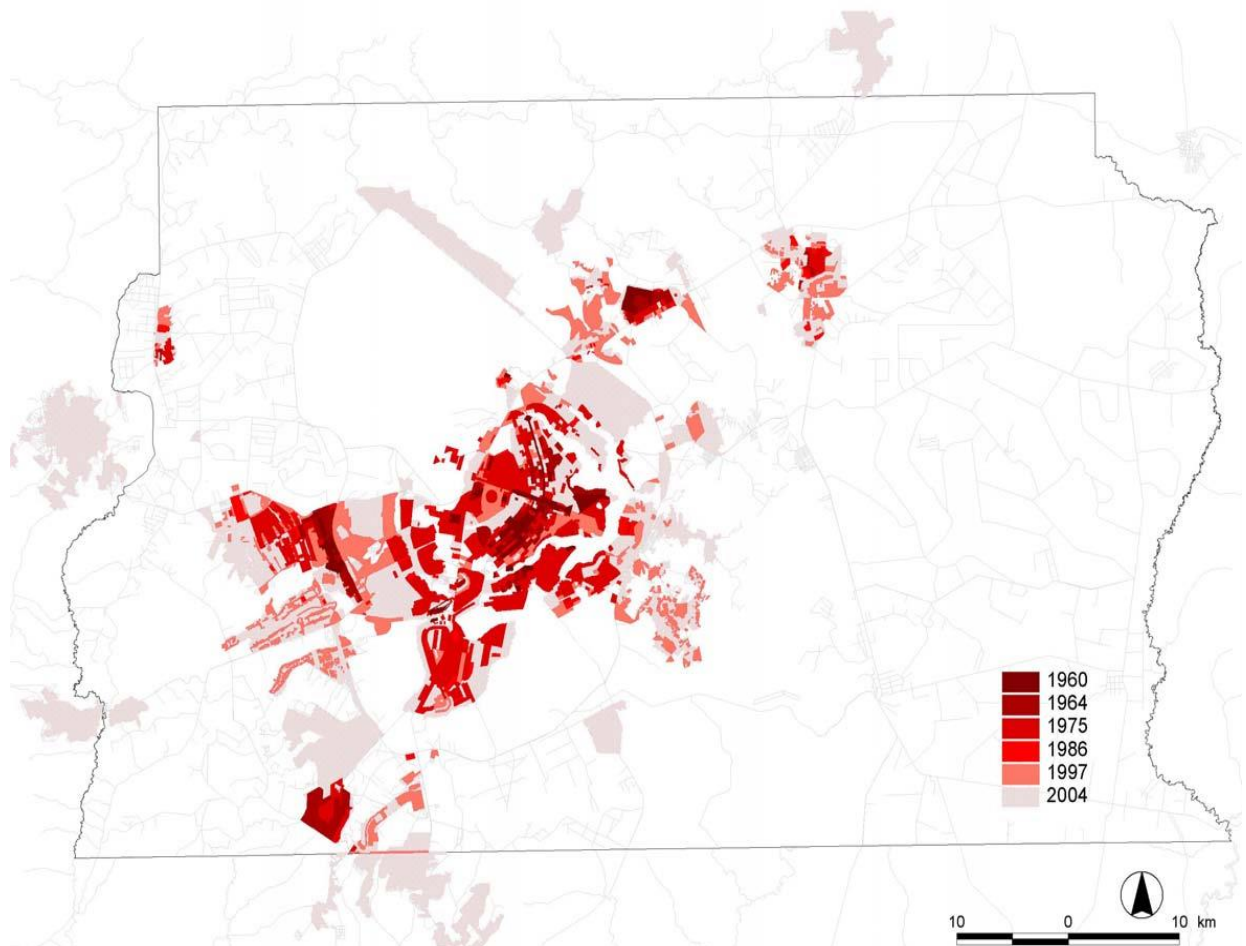
Entre 1988 e 1994 foi executado um grande plano governamental com a entrega de 100 mil moradias, o que provocou uma grande mudança no mercado imobiliário. Novas regiões administrativas foram criadas e algumas já existentes foram expandidas, como Samambaia, Riacho Fundo e Santa Maria. Cidades foram consolidadas e implantadas nos anos 80 na direção oeste ao Plano Piloto, o que permitiu a formação de uma conturbação entre o Plano Piloto e a região administrativa de Ceilândia. Fora desse eixo, foram criadas as RAs de São Sebastião e Paranoá ao lado leste do Plano Piloto. Durante esse período também ocorreu um adensamento nas cidades já existentes antes da construção de Brasília.

Nos anos seguintes não apenas a interferência governamental provocou modificações na área urbana do Distrito Federal. O Setor Sudoeste e Águas Claras foram criados para atenderem a demanda da classe média. Os terrenos seriam vendidos através de financiamentos bancários, mas as altas taxas de juros e a situação macroeconômica de alta inflação tornaram essas regiões muito caras. Mediante o alto custo das residências nesses locais surgiram loteamentos irregulares em áreas urbanas e rurais ofertados pelo setor privado para atender a demanda das famílias de classe média. O baixo custo dos loteamentos permitiu que as famílias construíssem suas residências de forma mais dispersa e compatível com seus recursos, disseminando a preferência por moradias unifamiliares, que permitiam facilidade de acesso ao Plano Piloto. Essa nova forma de expansão habitacional autodenominada “condomínio” trouxe uma nova modificação para o espaço urbano do distrito Federal.

A expansão urbana em Brasília observada desde o fim do século XX até os dias atuais é caracterizada pelo preenchimento de espaços vazios entre o Plano Piloto e Taguatinga compostos por habitações unifamiliares. Na região nordeste do Distrito Federal novas habitações também surgiram em áreas próximas a Sobradinho e parcelamentos irregulares

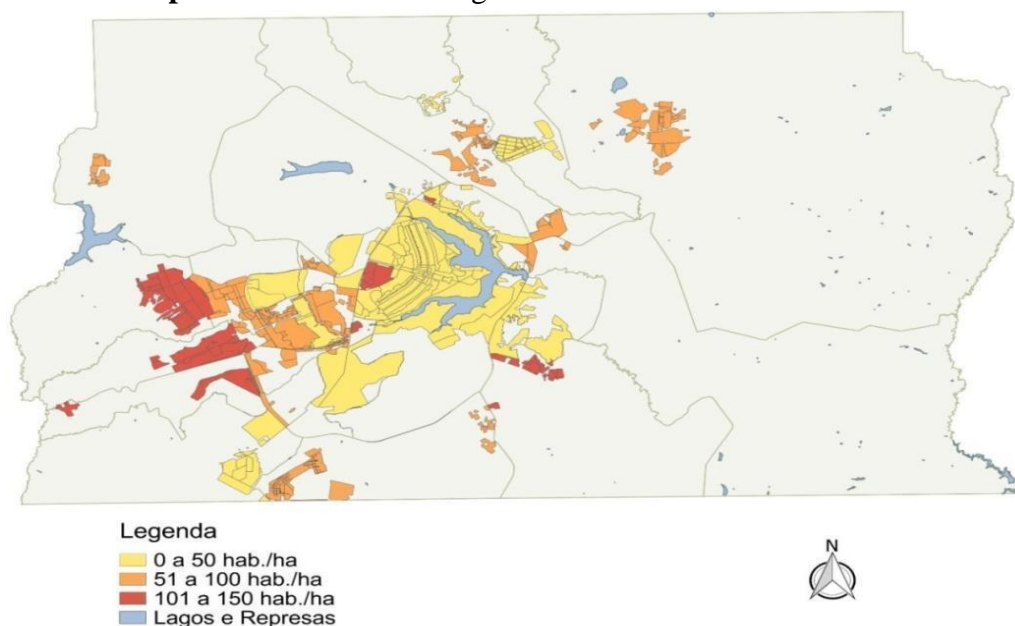
com baixa densidade em diversas áreas de zonas rurais. Ocorreu também um elevado crescimento populacional nas cidades goianas localizadas no entorno do Distrito Federal. Essas cidades dependem de empregos e serviços fornecidos pelo DF e abrigam a população de baixa renda que não é atendida pela oferta de terrenos próximos ao centro de Brasília.

Mapa 1 – Evolução da ocupação da ocupação urbana no DF e entorno



Fonte: Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - Documento Técnico (2017)

A criação das RAs do Distrito Federal seguiu um padrão extensivo de ocupação de uso do solo. Algumas dessas cidades apresentam densidades líquidas altas, mas em relação à área total do DF esse valor é baixo. Segundo Ojima (2007) a densidade, por si só, não é um indicador suficiente para definir a existência de espraiamento urbano, pois se duas cidades têm mesma população distribuída em uma mesma área, elas terão densidades idênticas, mas a maneira como essa população está distribuída no território pode variar de uma forma mais compacta até uma forma mais dispersa. A fragmentação e a densidade caracterizam a dispersão no território do Distrito Federal.

Mapa 2 – Densidade demográfica no Distrito Federal em 2015

Fonte: Elaborado pela Gerência de Estudos Urbanos (GEURB/DEURA/CODEPLAN)

Segundo Jatobá (2017), a densidade urbana média do DF é de 47,29 hab./ha e pode ser comparada a cidades como Joanesburgo (53 hab./ha) e Bangcoc (58 hab./ha). O mapa 2 mostra que as densidades mais elevadas se encontram em RAs afastadas do centro, mas existem exceções como a região sudoeste e o cruzeiro, que possuem maior número de habitações coletivas, seguindo o padrão de cidades mais compactas. A região central, o Plano piloto, possui uma série de restrições sobre o uso do solo e um grande número de áreas verdes que diluem a densidade.

Uma característica comum das RAs que possuem maior densidade e estão distantes do centro é a forte interferência de programas habitacionais do governo. A distribuição de lotes para famílias de baixa renda em cidades como Ceilândia e Samambaia fez com que estas seguissem um padrão mais intensivo de uso do solo, principalmente pelo tamanho pequeno dos terrenos, ao contrário do que ocorre no Park Way, cuja população possui renda per capita mais alta e segue um padrão de habitação em lotes maiores com uso menos intensivo do solo.

3.2. Mobilidade urbana no Distrito Federal

O espraiamento urbano cria subcentros em regiões mais afastadas que são capazes de fornecer empregos e serviços públicos para essas regiões. Como observado em algumas Regiões Administrativas do Distrito Federal. No entanto, em geral ainda há forte dependência do Plano Piloto, onde está localizada a sede do governo federal, e um grande número de

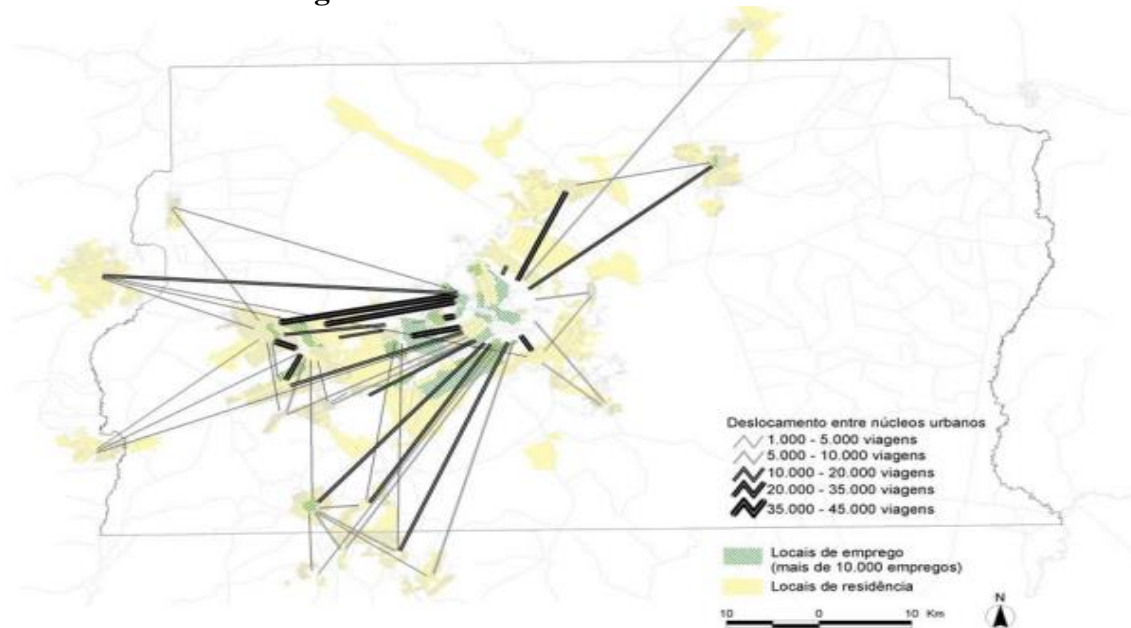
postos de trabalho. Por isso mesmo, o deslocamento por motivo de trabalho é o principal responsável por viagens no Distrito Federal.

Tabela 1 - Número de pessoas ocupadas por RA de local trabalho

Região Administrativa	Moradores	Não moradores	Total
Plano Piloto	99.666	418.396	518.062
Taguatinga	37.639	67.001	104.640
SIA	224	26.937	27.161
Lago Sul	2.932	25.407	28.339
Águas Claras	12.281	23.256	35.537
Sobradinho	9.906	18.278	28.184
Guará	17.403	16.421	33.824
Ceilândia	63.493	15.781	79.274
Sudoeste/Octogonal	2.204	11.206	13.410
Gama	23.701	9.228	32.929
Samambaia	27.800	9.196	36.996
Lago Norte	1.898	8.783	10.681
Cruzeiro	2.778	8.147	10.925
Núcleo Bandeirante	3.619	7.351	10.970
Recanto das Emas	13.408	6.488	19.896
Paranoá	6.959	5.083	12.042
Santa Maria	13.207	4.341	17.548
Riacho Fundo	4.715	3.678	8.393
São Sebastião	16.054	3.236	19.290
SCIA/Estrutural	4.387	2.844	7.231
Planaltina	29.069	2.017	31.086
Jardim Botânico	1.272	1.924	3.196
Candangolândia	1.368	1.804	3.172
Park way	1.422	1.797	3.219
Brazlândia	10.091	1.436	11.527
Riacho fundo II	6.989	1.413	8.402
Sobradinho II	4.021	855	4.876
Itapoã	5.061	811	5.872
Varjão	875	702	1.577
Vicente Pires	5.978	626	6.604
Fercal	1.305	303	1.608

Fonte: Elaboração própria com base na PDAD 2018

De acordo com os dados da tabela 1, as RAs Varjão, Fercal, Sudoeste/ Octogonal, Park Way, Lago Norte, Jardim Botânico e Candangolândia possuem poucos postos de trabalho o que torna necessário o deslocamento de seus habitantes para outras RAs. Segundo Serra (2005) 70% dos empregos formais estão localizados no Plano Piloto, e os habitantes do DF e entorno, estão fadados a viver entre 12 e 76 km de distância do seu local de trabalho e por esse motivo Brasília possui um dos mais elevados custos de transporte de todo o País.

Figura 3 – Mobilidade diária no Distrito Federal

Fonte: Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - Documento Técnico (2017)

A imensa quantidade de vias e avenidas em Brasília são um convite ao uso do automóvel. A má qualidade do transporte público e a renda alta de algumas regiões contribuem para o crescimento do número de veículos a cada ano no DF. Brasília é a cidade com a quarta maior frota de veículos do Brasil. Este ciclo vicioso se reforça pelo fato de que cidades como Brasília foram desenhadas para o automóvel e seus cidadãos, em particular, estão acostumados a se transportarem por meio deste (BETUCCI, 2011).

A tabela 2 apresenta a quantidade de veículos registrados no mês de outubro de 2019 pelo DETRAN – DF.

Tabela 2 – Frota de Veículos no Distrito Federal (2019)

Tipo de veículo	Quantidade
Automóvel	1.289.404
Motocicleta	211.381
Caminhonete	119.258
Camioneta	100.804
Caminhão	28.092
Reboque	24.745
Utilitário	29.923
Outros	1.512
Ônibus	12.967
Micro-Ônibus	5.969
Semirreboque	4.414

Fonte: DETRAN DF (2019)

Dividindo o número de veículos registrados no DETRAN em 2019 pela população estimada pelo IBGE para Brasília em 2019, cerca de 3.015.268 habitantes, temos um veículo para cada 1,65 habitantes. Comparando a população com a quantidade de automóveis registrados pelo DETRAN em 2019, a taxa é de um automóvel para cada 2,3 habitantes, enquanto para cada ônibus existem 232 habitantes e 99 automóveis. Esses números evidenciam que o trânsito no Distrito Federal está sobrecarregado. Segundo Betucci (2011) o número de automóveis na capital federal ultrapassou todas as previsões de planejamento para o século XXI. O rápido e expressivo crescimento do Distrito Federal e seu entorno exige a adoção de medidas que propiciam melhorias na qualidade do transporte urbano. (PDTU/DF, 2011).

4. Metodologia

Neste capítulo são apresentados o modelo econométrico e os procedimentos para construção de variáveis, obtenção dos dados e estimação do modelo.

4.1. Especificações do modelo econométrico

Emerge da literatura que a demanda por mobilidade é um componente importante do impacto ambiental do desenvolvimento urbano. Com base em Camagni (2002), a variável dependente do modelo econométrico base do presente trabalho é o índice de impacto da mobilidade, definido por Travisi (2005) como:

$$impmob_i = \frac{\sum_{kj} m_{kj} w_{kj}}{\sum_{kj} m_{kj}} \quad (1)$$

em que $impmob_i$ é o impacto da mobilidade na região i , m_{kj} é a quantidade de passageiros que fizeram o trajeto da região i até o centro pelo modal k no intervalo de tempo j e w_{kj} é o peso deste modal neste intervalo de tempo.

A tabela 3 apresenta os pesos w_{kj} para o tempo e o modo de transporte, aplicados a cada viagem de deslocamento segundo Travisi (2005).

Tabela 3 – Pesos por modal

Modal	Peso por modal	Tempo ≤ 30	Tempo ≥ 30	Tempo $\geq 1h$
A pé ou bicicleta	0	0	0	0
Carro	1	0,4	1	1,33
Motocicleta	0,33	0,13	0,33	0,44
Ônibus	0,33	0,13	0,33	0,44
Metrô	0,2	0,2	0,2	0,27

Fonte: Elaboração própria com base em Travisi (2005)

Segundo Travisi (2005), a deficiência dessa abordagem diz respeito à definição da matriz de pesos, por não estar vinculada a nenhuma dimensão de impacto físico, portanto fornece uma medição relativa e não absoluta do impacto da mobilidade urbana. Por outro lado, uma das vantagens dessa metodologia é que se refere diretamente à demanda por mobilidade gerada em cada região como consequência de seu padrão de assentamento.

As variáveis explicativas do modelo econométrico no presente estudo estão dispostas em três classes de variáveis que controlam para diferenças estruturais e socioeconômicas nas regiões urbanas do Distrito Federal, quais sejam:

- I) Espacial: distância ao Plano Piloto (*dist*);
- II) Socioeconômicas estruturais: densidade populacional (*dens*), crescimento populacional entre 2010 e 2020 (*crescpop*) e razão entre empregos e residentes da RA (*empres*); e
- III) Demanda por mobilidade: razão entre os deslocamentos para fora e deslocamentos totais (dentro e fora) da RA (*mobiext*).

Ademais, foram incluídas no modelo econométrico seis variáveis binárias ou *dummy* ($E1, E2, \dots, E6$) para características morfológicas que representam as formas de expansão do Distrito Federal de acordo com o histórico de sua expansão no documento técnico do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal (2017). Estas variáveis são definidas como:

- $E1$ recebe 1 se é RA que se desenvolveu na primeira fase de expansão do DF no período da construção de Brasília para dar suporte as obras quais sejam: SIA - Setor de Indústria e Abastecimento, Fercal, Candangolândia e Núcleo Bandeirante; ou se é RA que foi criada para o deslocamento de invasões próximas ao Plano Piloto, quais sejam: Taguatinga, Gama, Sobradinho e Paranoá;
- $E2$ recebe 1 se é RA que se desenvolveu na segunda fase da expansão de Brasília devido á doação de terrenos e programas habitacionais desenvolvidos pelo governo para conter novas invasões próximas ao centro da capital, quais sejam Ceilândia, Samambaia, Recanto das emas, Riacho Fundo, Santa Maria e São Sebastião;
- $E3$ recebe 1 se é criada na terceira fase de expansão de Brasília para abrigar o fluxo de servidores públicos transferidos do Rio de Janeiro quais sejam: Guará, Lago Norte e Lago Sul;
- $E4$ recebe 1 se é RA que surgiu devido a parcelamentos irregulares de terras para famílias de classe média com terrenos maiores e mais espriados na quarta fase de expansão de Brasília, quais sejam Vicente Pires, Jardim Botânico e Arqueiras;
- $E5$ recebe 1 se é RA que surgiu na quinta fase de expansão de Brasília como invasões de terras irregulares por moradores de baixa renda (Varjão, Sol nascente /Pôr do Sol e SCIA/Estrutural), ou é RA criada devido ao desmembramento de outras RAs que não suportavam mais o aumento

populacional principalmente em áreas irregulares, quais sejam: Riacho Fundo 2 e Sobradinho 2;

- $E6$ recebe 1 se é RA que foi criada para abrigar famílias de classe média, as quais se diferenciam das demais pelo fato de a maioria de suas habitações ser coletiva, indicando uma expansão mais densa, quais sejam: Cruzeiro, Águas Claras e Sudoeste/Octogonal.

As RAs Brazlândia e Planaltina não foram incluídas em nenhuma das variáveis dummy, pois já eram habitadas antes da mudança da capital federal. O Park Way também não foi incluído por suas características divergirem das formas de expansão estudadas.

Finalmente, o modelo econométrico base utilizado é:

$$impmob_i = \beta_0 + \beta_1 dist_i + \beta_2 dens_i + \beta_3 crescpop_i + \beta_4 empres_i + \beta_5 mobiext_i + \beta_6 E1_i + \beta_7 E2_i + \beta_8 E3_i + \beta_9 E4_i + \beta_{10} E5_i + \beta_{11} E6_i + u_i$$

(2)

em que o subscrito i denota a Região Administrativa (RA).

4.2. Dados

Foram utilizadas diversas fontes de dados com o objetivo de construir uma base sólida que fornecesse todas as informações necessárias. Para o cálculo do índice de impacto da mobilidade (*impmob*) foi utilizado o aplicativo UBER para estimar os tempos de deslocamento dos automóveis partindo de pontos centrais das RAs em direção a Rodoviária do Plano Piloto durante o horário de pico. Através do aplicativo PICAP que oferta um serviço parecido com o do UBER, mas colocando à disposição dos clientes viagens de motocicletas foi possível estimar os tempos de deslocamento utilizando motocicletas. As estimativas para os tempos de viagens de automóvel foram coletadas no dia 01 de setembro de 2020 e para os tempos das motocicletas no dia 31 de agosto de 2020.

A Secretária de Mobilidade do Distrito Federal (SEMOB) disponibiliza na internet informações sobre as linhas de Ônibus que circulam por todo o Distrito Federal, fornecendo o trajeto, origem e destino além de informações sobre o tempo de duração das viagens. Foram pesquisadas linhas que partem de cada RA em direção à rodoviária do Plano Piloto para estimar os tempos de viagens utilizando ônibus. Os tempos das viagens utilizando metrô foram coletados do aplicativo Metrô DF que fornece informações sobre estações e viagens.

Os valores para a distância do centro, densidade demográfica e áreas das RAs foram coletados do estudo de Jatobá (2017) sobre densidades demográficas para o DF. Também foi utilizada a Pesquisa Distrital Por Amostra de Domicílio (PDAD) de 2013, 2015 e 2018 para

complementar a base de dados, por fornecerem dados sobre a população e deslocamentos ao trabalho. Os dados para a variável crescimento populacional foram coletados do sumário executivo do CODEPLAN sobre Projeções Populacionais para as Regiões Administrativas do Distrito Federal 2010-2020.

No ano de 2019 dois novos setores habitacionais se tornaram RAs, Sol nascente/Porto do Sol e Arniqueiras, essas regiões integravam Ceilândia e Águas Claras anteriormente. Como algumas das fontes de dados utilizadas são anteriores a criação das novas RAs se fez necessário buscar informações sobre essas regiões. No ano de 2018 o CODEPLAN publicou dois retratos demográficos e socioeconômicos para as regiões que forneceram os dados necessários para incluí-las na base de dados.

5. Resultados

Nesse capítulo, inicialmente será realizada uma análise descritiva dos dados. Em seguida os resultados do modelo econométrico serão apresentados e analisados.

5.1. Análise descritiva

As estatísticas descritivas das variáveis estão na tabela 4.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis, n = 33.

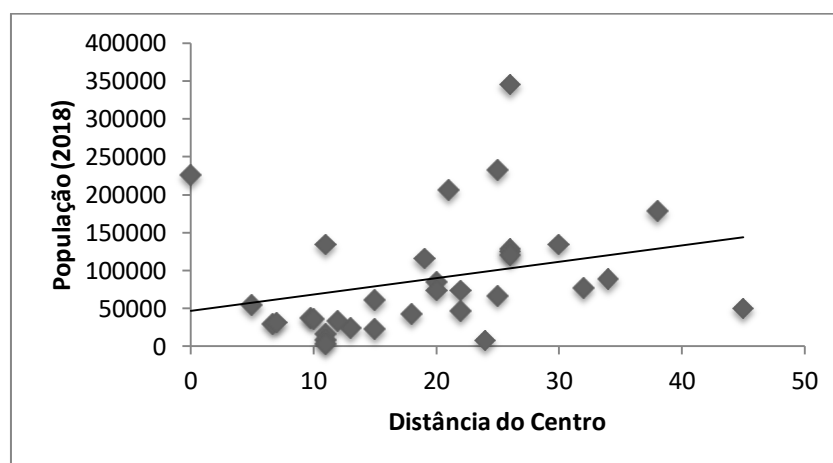
	<i>impmob</i> (adimensional)	<i>dist</i> (em km)	<i>dens</i> (em hab./ha)	<i>crecscop</i> (em %)	<i>empres</i> (em empregos por habitantes)	<i>mobiext</i> (adimensional)
Média	0,58	19,29	75,84	18,69%	0,61	0,73
Desvio padrão	0,16	10,09	47,46	30,09%	1,82	0,15
Mínimo	0,35	0,00	1,40	-5,00%	0,04	0,13
Máximo	0,96	45,00	166,90	147,40%	10,49	0,93

Fonte: Elaboração própria

O valor máximo da variável dependente índice de impacto da mobilidade (*impmob*) ocorre na RA Jardim Botânico que, apesar de não ser uma das RAs mais distantes do Plano Piloto, tem baixa densidade, elevado crescimento populacional nos últimos anos e classe média alta, o que favorece a difusão do uso do automóvel. Os menores valores de *impmob* são nas RAs mais próximas ao Plano Piloto, Lago Norte, Guará, Park Way, Lago Sul e Cruzeiro. Devido as grandes distâncias a percorrer, o grande número de viagens e o valor médio de 0,58 da amostra coletada para o *impmob* deduz-se que os deslocamentos por motivo de trabalho no Distrito Federal possuem elevado custo ambiental. Algumas das cidades mais populosas estão entre as mais distantes do Plano Piloto conforme a figura 4 demonstra.

Cidades mais populosas possuem maiores números de deslocamentos e por estarem distantes têm seus tempos de viagens aumentados. A perda de tempo ligada ao congestionamento dos eixos de transportes, as distâncias a percorrer diariamente e o peso no consumo energético elevam os custos de deslocamento (LEAL, 2018).

Figura 4 – População versus Distância do Plano Piloto



Fonte: elaboração própria com base na PDAD 2018

A variável explicativa distância (*dist*) varia de 0 a 45 km, sendo que seu valor mínimo o Plano Piloto (região central) e máximo em Brazlândia. As maiores distâncias são de RAs que já possuíam habitantes antes da construção de Brasília, portanto suas fundações não foram influenciadas diretamente pela nova capital. A distância média de 19,29 km e o desvio padrão de 10,09 quilômetros indicam um padrão disperso entre as RAs do DF e o Plano Piloto, devido às grandes distâncias a percorrer ocorre à necessidade de locomoção através de modos de transportes motorizados.

A densidade (*dens*) máxima é na RA Águas Claras considerada a cidade vertical do Distrito Federal. O elevado desvio padrão da variável pode ser explicado pelas diferentes destinações da área urbana, tipologia dos terrenos habitacionais, interferência do setor público e privado no parcelamento de lotes e pelas diversas Restrições de uso do solo. O estudo de Ojima (2007) aponta Brasília como o aglomerado urbano mais fragmentado entre as 37 principais aglomerações urbanas brasileiras analisadas pelo autor. Ao contrário de cidades que seguem o modelo monocêntrico as maiores densidades no DF não estão localizadas no centro.

O crescimento populacional (*crescpop*) médio para o Distrito Federal no período 2010-2020 é de aproximadamente 18,69% registrando o valor mínimo para a RA de sobradinho e máximo para o Riacho Fundo II. De acordo com a CODEPLAN, um dos motivos para o aumento acentuado da população no Riacho Fundo II nos últimos anos foi à

entrega de unidades habitacionais no Parque do Riacho, empreendimento do programa Morar Bem, vinculado ao Minha Casa, Minha Vida, do governo federal. Isso reflete como os programas habitacionais do governo ainda interferem na expansão de regiões afastadas do Plano Piloto. Os dados sobre o crescimento populacional também indicam que a expansão do Distrito Federal tem aumentado principalmente pelas formas *E4* e *E5* (parcelamentos irregulares e invasões) nos últimos 10 anos. A limitação da oferta e os elevados preços dos terrenos têm contribuído para que os loteamentos irregulares aumentem e ocupem cada vez mais espaço no Distrito Federal.

A razão entre empregos e residentes (*empres*) indica o grau de autossuficiência da RA em gerar empregos para os seus habitantes. Quanto maior o número de empregos por habitante mais serviços e produtos são ofertados, o que reduz a necessidade de deslocamento da população para outras RAs. O valor máximo de *empres* ocorre na RA SIA que é uma região comercial com poucos habitantes e que necessita do deslocamento de pessoas de outras RAs para preencher seus postos de trabalho. Apenas o SIA e o Plano Piloto possuem maior número de empregos do que residentes.

A variável demanda por mobilidade ou razão entre os deslocamentos para fora e deslocamentos totais (dentro e fora) da RA (*mobiext*) indica a capacidade da RA em atender a própria demanda por mobilidade, contendo os deslocamentos de sua população dentro de suas fronteiras. O menor valor de *mobiext* é na RA Plano Piloto, a que, tem o maior número de empregos registrados no DF. Depois do Plano Piloto, Brazlândia e Fercal possuem os dois menores valores de *mobiext*, isso se deve ao fato de Brazlândia ser responsável pela produção rural no DF e a Fercal está próxima a fábricas de cimento, usinas de asfalto e mineradoras o que permite determinada capacidade de autoconstrução para ambas as regiões. O maior valor de *mobiext* é no Sudoeste, RA mais próxima do Plano Piloto com grande parte de sua população trabalhando no Plano Piloto. A partir dessas informações é possível inferir que a variável *mobiext* retrata o caráter produtivo da região, pois, segundo Trivisi (2005), quanto maior o caráter produtivo de um assentamento urbano, maior é sua capacidade de conter o deslocamento dentro de suas fronteiras.

5.2. Resultados

Estimou-se o modelo (2) por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e erros-padrão usuais, como apresentado na coluna MQO na tabela 5. No entanto, como a hipótese de homocedasticidade do erro foi rejeitada (p -valor=0,1021) pelo teste Breusch-Pagan, optou-se

por também apresentar: estimativas MQO do modelo (2) com erros-padrão robustos à heterocedasticidade, na coluna MQO robusto da tabela 5; estimativas mínimos quadrados ponderados (MQP) pelo inverso da raiz quadrada da área da RA e erros padrão robustos à heterocedasticidade, na coluna MQP robusto; estimativas mínimos quadrados generalizados factíveis (MQGF) de Wooldridge (2011) com inferência robusta à heterocedasticidade, na coluna MQGF robusto. As estimativas são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Resultado das estimativas do modelo econométrico (2)

Variável	MQO	MQO robusto	MQP robusto	MQGF robusto
<i>dist</i>	0,0093*** (0,0020)	0,0093*** (0,0017)	0,0091*** (0,0016)	0,0084*** (0,0020)
<i>dens</i>	-0,0009** (0,0004)	-0,0009*** (0,0003)	-0,0008* (0,0004)	-0,0008*** (0,0002)
<i>crescpop</i>	0,0729 (0,0611)	0,0729 (0,0494)	0,0753 (0,0678)	0,1568* (0,0916)
<i>empres</i>	-0,0114 (0,0106)	-0,0141** (0,0056)	-0,0158** (0,0061)	-0,0132*** (0,0040)
<i>mobiext</i>	-0,2002 (0,1523)	-0,2008** (0,0985)	-0,1841** (0,7305)	-0,1623*** (0,0532)
<i>E1</i>	0,1412** (0,0646)	0,1412** (0,0545)	0,1765*** (0,05743)	0,1563*** (0,0435)
<i>E2</i>	0,1470** (0,0708)	0,1470** (0,0596)	0,1501*** (0,0533)	0,1640*** (0,0612)
<i>E3</i>	0,0684 (0,0910)	0,0684 (0,0532)	0,6955 (0,4032)	0,0825*** (0,0270)
<i>E4</i>	0,4115*** (0,0904)	0,4115*** (0,0843)	0,4426*** (0,0728)	0,3987*** (0,0584)
<i>E5</i>	0,1842** (0,0794)	0,1842*** (0,0534)	0,1926*** (0,0474)	0,1694*** (0,0405)
<i>E6</i>	0,2208** (0,0978)	0,2208** (0,0818)	0,2549*** (0,0775)	0,1872*** (0,0410)
Constante	0,4556*** (0,1009)	0,4556*** (0,0605)	0,4312*** (0,0311)	0,4091*** (0,0213)
Observações	33	33	33	33
Fator de inflação da variância (VIF)	2,36	2,36	2,16	2,69
Estatística F	6,84	16,72	19,41	14,13
R-dois ajustado	0,66	0,78	0,82	0,90

Obs.: *, ** e *** denotam significativa a 1%, 5% e 10%.

Fonte: Elaboração própria

Os sinais das estimativas não variaram entre os modelos, o que indica consistência dos procedimentos utilizados nas estimações do modelo (2). Como os valores de inflação da variância (VIF) não foram maiores que cinco em nenhum modelo, conclui-se que multicolinearidade não é um problema. O modelo estimado por MQP robusto apresentou o

maior valor para a estatística F e menor valor de VIF, porém crescimento populacional (*crecscpop*) e a dummy *E3* não se mostraram estatisticamente significantes. Conforme a tabela 5, o modelo MQGF robusto teve quase todas as suas variáveis significantes ao nível de 1%, apenas o crescimento populacional (*crecscpop*) se mostrou significativo ao nível de 10%. Este modelo também apresentou o maior R-2, teste F indicando significância global do modelo, sem problema de multicolinearidade (VIF = 2,69). O modelo estimado por MQG factíveis fornece resultados significativos e de acordo com as expectativas a priori, portanto análise dos estimadores será realizada utilizando os resultados desse modelo.

Como era esperado, há um efeito positivo da variável distância nos custos de mobilidade no meio ambiente, pois maiores distâncias implicam em maiores tempos de viagens e maiores custos de infraestrutura viária. Segundo o modelo preferido (MGF robusto), estima-se que para cada mais um quilômetro na distância entre a RA e o Plano Piloto ocorre um aumento *ceteris paribus* de 0,0084 no índice de impacto da mobilidade. A maior distância (Brazlândia) tem impacto estimado em 0,378 e a menor (Sudoeste/Octagonal), em 0,042, dado que o *impmob* assume valores no intervalo [0,35; 0,96] na amostra, a distância tem grande impacto sobre a estimativa do índice.

A estimativa do efeito *ceteris paribus* de crescimento populacional (*crecscpop*) no índice de impacto da mobilidade teve sinal positivo assim como o esperado, de modo que estima-se um aumento de 0,1568% no índice de impacto da mobilidade para cada 1% de crescimento populacional na RA, indicando que elevadas taxas de crescimento populacional causam grande impacto sobre a estimativa do índice de impacto da mobilidade. Por exemplo, a RA Riacho Fundo II teve uma taxa de crescimento projetada de 147,40% entre os anos de 2010 e 2020 e, assim, com efeito estimado de aumento 23,11% no índice de impacto da mobilidade.

Estima-se uma redução de 0,0132 no índice de impacto da mobilidade (*impmob*) para cada emprego por habitante (*empres*) a mais na RA, o que era esperado, pois quanto maior o número de empregos menor a necessidade de deslocamento para o Plano Piloto e outras RAs. Como o Plano Piloto e o SIA possuem mais postos de trabalho do que habitantes a estimativa de *empres* possui grande impacto sobre o *impmob*.

A variável *mobiext* está diretamente relacionada à demanda por mobilidade, pois indica se os deslocamentos ficam contidos nas cidades ou se expandem além delas. Essa variável também está ligada ao caráter produtivo da cidade. Espera-se que quanto maior os

deslocamentos internos em relação aos externos menores sejam os custos de mobilidade. O sinal da estimativa está de acordo com o esperado e como o intervalo da variável está entre [0,13; 0,93] ela tem grande impacto sobre o *impmob*.

No modelo preferido, MQGF robusto, todas as variáveis *dummy* das formas de expansão do Distrito Federal se mostraram altamente significativas e, por isso, é interessante analisar qual o nível de impacto estimado para aferir quais formas causam maiores e menores impactos a mobilidade e ao meio ambiente no DF. O menor impacto estimado (0,082) foi da forma de expansão *E3* conforme o esperado, já que essa forma compreende as regiões administrativas criadas para abrigarem servidores públicos federais e estão próximas ao centro. As formas *E4* e *E5* tiveram as estimativas com maior impacto. Os dois tipos de expansão ocorrem sem a existência de planejamento urbano principalmente por serem resultados de loteamentos irregulares e invasões de terras. A forma *E4* ocorre de maneira mais dispersa com loteamentos maiores e habitantes com maior faixa de renda que utilizam como meio de transporte o automóvel com maior frequência. Esses são fatores que podem explicar o impacto de 0,39 sobre o índice de impacto da mobilidade dessa forma de expansão. As regiões que ocupam a forma *E5* ao contrário da forma *E4* possuem maiores densidades, seus habitantes ocupam pequenos lotes unifamiliares que na maioria dos casos são oriundos de invasões. Essas regiões abrigam famílias com menor renda que conseqüentemente dependem mais do transporte público, fatores que reduzem o impacto de sua forma de expansão quando comparado ao impacto da forma *E4*.

O segundo maior impacto estimado foi para a forma de expansão *E6*, esperava-se que essa forma estivesse entre as com menor impacto pelo fato de que o maior número de residências que compõem esse tipo de expansão são habitações coletivas (apartamentos e quitinetes). Uma hipótese que pode explicar o impacto de 0,19 dessa forma de expansão sobre o *impmob* é a utilização de automóveis particulares que superam o uso do transporte público nos deslocamentos para o trabalho, principalmente por essas regiões serem consideradas de classe média alta e pela grande maioria de seus moradores trabalharem no Plano Piloto.

Os valores das estimativas das formas *E1* e *E2* são próximos. Algumas das regiões mais populosas estão nessas formas de expansão que nasceram com o objetivo de conter aglomerações e invasões próximas ao Plano Piloto. Mesmo registrando muitos deslocamentos para o Plano Piloto as regiões que integram as formas de expansão *E1* e *E2* possuem maior consumo de transporte público devido as maiores distâncias e ao perfil de renda de seus

moradores, isso contribui para que o impacto dessas formas de expansão não seja tão elevado como os das formas *E4* e *E6*.

6. Conclusão

Camagni (2002) e Travisi (2005) observaram que diferentes tipos de variáveis, sejam elas espaciais, socioeconômicas ou morfológicas, podem explicar os impactos da mobilidade em determinada região. Com base nestes trabalhos foi elaborado um estudo para identificar como as diferentes formas de expansão do Distrito Federal podem impactar nos custos da mobilidade no meio ambiente, quantificado enquanto índice de impacto da mobilidade. É uma tarefa difícil medir tais externalidades e fornecer uma análise econométrica da ligação entre a forma como uma área urbana se desenvolve e seus efeitos em termos de custos coletivos. Desse modo a análise buscou identificar o impacto da suburbanização de algumas Regiões Administrativas (RAs) do DF na mobilidade e no meio ambiente.

Os resultados deste estudo indicam que o espraiamento urbano no Distrito Federal possui elevado custo ambiental e poderia ser reduzido se a expansão de novas áreas habitacionais ocorresse de forma mais densa ocupando regiões próximas ao Plano Piloto. Essa orientação pode encontrar dificuldades para ser seguida devido ao Plano Urbanístico do Distrito Federal, que impõe restrições a ocupação de áreas próximas ao Plano Piloto e a verticalização de construções na capital. Desse modo os resultados apontam outras alternativas para a redução de custos ambientais da mobilidade no DF, como políticas públicas de geração de emprego e ampliação da oferta de serviços públicos em regiões mais afastadas do Plano Piloto com o objetivo de reduzir os deslocamentos entre RAs distantes.

Quanto às formas de expansão, os resultados deste estudo indicam que todas as formas analisadas aumentam os custos ambientais da mobilidade. O menor impacto estimado foi da forma *E3* indicando que residências mais próximas ao centro possuem menor impacto ambiental. As duas primeiras formas de expansão (*E1* e *E2*) tiveram impactos estimados relativamente próximos, suas distâncias impactam positivamente sobre os custos de mobilidade, entretanto as regiões que compõem essas formas de expansão consomem mais transporte público e por esse motivo seu impacto não está entre os mais elevados. O impacto das regiões consideradas mais verticalizadas, a forma de expansão *E6*, foi diferente do esperado, já que se esperava baixo impacto devido a elevada densidade, contudo o uso intensivo do automóvel e o grande número de deslocamentos para a região central pode ter contribuído para o alto valor da estimativa de impacto dessa forma de expansão.

As formas *E4* e *E5* ocorrem de maneira mais desordenada e demonstraram ter elevado impacto ambiental. O maior impacto estimado foi da forma *E4* que é mais dispersa e tem se

expandido através da criação de condomínios. Como os moradores dessas regiões possuem renda alta consomem mais transporte privado. O investimento em infraestrutura e desenvolvimento urbano pode ajudar a reduzir os custos ambientais nas regiões que compõem a forma E4, pois o baixo desenvolvimento dessas regiões traz a necessidade de deslocamentos para o acesso a serviços públicos, bens de consumo e empregos em outras RAs.

Por fim, dado que o crescimento populacional crie a necessidade da ampliação de áreas urbanas e aumente a demanda por meios de transporte, futuras expansões do tecido urbano do Distrito Federal devem ser pensadas e planejadas de forma eficiente, fazendo com que os custos sociais e ambientais sejam minimizados e que a oferta de meios de transporte menos poluentes seja garantida para a melhor qualidade de vida de seus habitantes.

Referências Bibliográficas

- ALTSHULER, A., 1997. Review of the cost of sprawl, JAIP 43, Abril, 207-209.
- BHAT. C.R SINGH. SK. 2000. A comprehensive daily activity-travel generation model system for works . **Transportation Research A** 34 (1), 1-22.
- BERTUCCI, J. O. Os benefícios do transporte público. Boletim regional, urbano e ambiental. IPEA, 2011.
- BURTON, E., WILLIAMS, K., JENKS, M. The compact city and urban sustainability: conflicts and complexities., London, 1996.
- CAMAGNI, ROBERTO; GIBELLI, MARIA CRISTINA; RIGAMONTI, PAOLO. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. **Ecological Economics**, v.40, n. 2, p. 199-216, 2002.
- CEVERO, R. The Transit Metropolis: A Global Inquiry. **Island Press**, Washington, DC, 1998.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. PDAD - **Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - 2018**. Brasília Distrito Federal, 2018.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Pesquisa Distrital por amostra de Domicílios – Distrito Federal – PDAD/DF – 2013**. Brasília, Distrito Federal: 2014.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **Projeções Populacionais para as Regiões Administrativas do Distrito Federal 2010-2020**. Brasília Distrito Federal, 2018.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **PANORAMA HABITACIONAL PROSPECTIVO PARA O DF - 2020/20251**. Brasília Distrito Federal, 2018.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **SOL NASCENTE/PÔR DO SOL: UM RETRATO DEMOGRÁFICO E SOCIOECONÔMICO**. Brasília Distrito Federal, 2018.
- COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL. **ARNIQUEIRA/AREAL: UM RETRATO DEMOGRÁFICO E SOCIOECONÔMICO**. Brasília Distrito Federal, 2018.
- DOWNS, A. Stuck in Traffic: Coping with Peak Hour Congestion. **Brookings Institution, MA Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge**, Washington, DC, 1992.
- DUNPHY, R.T, FISHER , K, 1996, Transpotation congestion, and density: new insights. **Transportation Resarch Record** 1552, 89-96.

- EWING, R., PENDALL R., CHEN, 2002. Measuring Sprawl and its impact. **Smart Growth America**, Washington.
- FRANK, L.D., PIVO, G., 1994. Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: Single-occupant vehicle, transit, and walking. **Transportation Research Record** 1466, 44-52.
- GALSTER G, HANSON R, Ratcliffe M, Wolman H, Coleman S, Freihage J, 2001, "Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept" **Housing Policy Debate** 12 681 ^ 717
- GOVERNO DE BRASÍLIA. Administrações Regionais. Disponível em: Acesso em: 05 abr. 2019.
- HONG, J, SHEN, Q. Residential density and transportation emissions: examining the connection by addressing spatial autocorrelation and self-selection. **Transport. Res. D**, pp. 75-79, 2013.
- JATOBÁ, SÉRGIO ULISSES. Densidades Urbanas nas Regiões Administrativas do distrito Federal. Companhia de planejamento do Distrito Federal-CODEPLAN. Brasília, 2017.
- LEAL, Carlos Chagastelis Martins. **Plano Diretor de Transporte e Mobilidade do Distrito Federal: instrumento de mobilidade urbana. 2017**. Texto para Discussão - Codeplan. n.25 Disponível em: < <http://www.codeplan.df.gov.br>. Acesso em: 15 de novembro de 2019
- KOCKELMAN, K.M., 1995. Which Matters More in Mode Choice: Density or Income? Institute of Transportation Engineers 1995. **Compendium of Technical Papers**, pp. 844-867.
- MANIÇOBA, Regina de Souza. Processo de formação e expansão urbana do Distrito Federal. **Universitas Humanas, Brasília**, v. 11, n. 2, p. 27-38, Brasília. 2014
- MAAT, K., van WEE, B., STEAD, D. Land use and travel behaviour: expected effects from the perspective of utility theory and activity-based theories. **Environment and Planning B: Planning and Design** 32 (1), 33-46, 2005
- MENDIOLA, LOREA; GONZÁLES, PILAR; CEBOLLADA, ÁNGEL. The relationship between urban development and the environmental impact mobility: A local case study. **Land Use Policy**, v. 43, p. 119-128, 2015.
- METRO, 2004. Region 2040 Recommended Alternative Decision Kit. Portland, OR.
- P. NEWMAN, J. KENWORTHY. Cities and Automobile dependence: An International Sourcebook Gower Publishing, Aldershot, Inglaterra 1989.
- P. NEWMAN, J. KENWORTHY. Urban Design to Reduce Automobile dependence Opolis: **Int. J. Suburban Metrop. Stud**, 2006, p.1 Article 3

PDTU/DF. **Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal**. 22 volumes. Lei Distrital no 4.566, de 4 de maio de 2011. Brasília, DF, 2011.

REAL ESTATE RESEARCH CORPORATION (RERC), 1974. *The Costs of Sprawl: Environmental and Economic Costs of Alternative Resi-dential Development Patterns at the Urban Fringe*, US Government Printing Office, Washington DC.

RODE P, FLOATER G, THOMPOULOS N, DOCHERTY J, SCHWINGER P, MAHENDRA A, et al (2014) *Accessibility in cities: transport and urban form*. Report No.: 03. **LSE Cities**: London.

SECRETARIA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE DO DISTRITO FEDERAL. DF - no ponto. Disponível em: Acesso em: 30 ago. 2020.

STENIER, R., 1994. Residential density and travel patterns: review of the literature. **Transport Research Record** 1466, 37-43.

TRAVISI, CHIARA; CAMAGNI, ROBERTO. Sustainability of urban sprawl: Environmental-economic indicators for the analysis of mobility impact in Italy. **FEEM Working Paper** No. 102.05. 2005.

WINDSOR, D., 1979. A critique of the costs of sprawl. *JAPA* 45 (3), 209–212.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria**: uma abordagem moderna, tradução da 4ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2011.