



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Engenharia Civil



João Paulo Bernardes

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DESENVOLVIMENTO DA TAXA DE GERAÇÃO DE
VIAGENS DE UM POLO GERADOR COM UTILIZAÇÃO DO
MÉTODO SMART GROWTH TRIP GENERATION

Uberlândia, julho de 2017

JOÃO PAULO BERNARDES

**DESENVOLVIMENTO DA TAXA DE GERAÇÃO DE VIAGENS DE
UM POLO GERADOR COM UTILIZAÇÃO DO MÉTODO SMART
GROWTH TRIP GENERATION**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Aparecido Sorratini

Uberlândia, MG

Julho de 2017

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem por objetivo a realização da análise de impacto de transporte de um polo gerador de viagens, que consiste na estimativa de número de viagens produzidas, utilizando o método *Smart Growth Trip Generation*, desenvolvido pela Universidade da Califórnia, EUA. O trabalho propõe a comparação entre resultados apresentados pelos métodos *Smart Growth Trip Generation* e *Trip Generation* do ITE, além de realizar simulações visando diminuir o número de viagens veiculares produzidas. O polo gerador escolhido foi um *shopping center* de pequeno porte na cidade de Araxá, Minas Gerais. Para a realização deste trabalho, informações foram coletadas por meio de ferramentas computacionais e pesquisa de campo e inseridas na planilha utilizada para aplicação do método. Com o resultado e ao comparar os dois métodos houve uma diminuição de 82 viagens veiculares em horário de pico, o que representa 33% de redução. Ao propor possíveis cenários observou-se que é possível diminuir ainda mais o número de viagens veiculares por meio de ações como, por exemplo, implantação de mais paradas de ônibus e de parquímetros no entorno do polo gerador. Ou seja, é possível gerar viagens sustentáveis com aumento da oferta de modalidades de transportes ditas ativas, como o transporte coletivo, e com efetivo controle da oferta, como a cobrança nos estacionamentos para veículos particulares, pois tais veículos geram congestionamentos e provocam mais poluição.

Palavras-chave: Crescimento sustentável; Geração de viagens; Polos Geradores de Viagens; Shopping Center; Smart Growth Trip Generation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Planilha de verificação de aplicabilidade -----	23
Figura 2 – Planilha de aplicação do modelo -----	24
Figura 3 – Shopping Boulevard Garden Araxá -----	25
Figura 4 – Desenvolvimento da área dentro de um raio de 0,5 milha -----	26
Figura 5 – Área de raio 0,25 milha no entorno do polo gerador -----	27
Figura 6 – Dados do Bairro Vila João Ribeiro -----	28
Figura 7 – Percentual de empregos formais da população por região -----	29
Figura 8 – Itinerário e Tabela de horários da Linha 3 do transporte coletivo de Araxá	31
Figura 9 – Presença de calçadas nas adjacências do <i>shopping</i> -----	32
Figura 10 – Planilha de critérios de aplicabilidade -----	33
Figura 11 – Relação de áreas do Shopping Boulevard Garden Araxá -----	34
Figura 12 – Viagens geradas pelo Shopping Boulevard Garden Araxá -----	35
Figura 13 – Distância entre o local estudado e o centro -----	36
Figura 14 – Recuo pela calçada -----	37
Figura 15 – Área superficial predial -----	38
Figura 16 – Áreas superficiais dos estacionamentos externos -----	39
Figura 17 – Distância entre o local estudado e campus universitário -----	40
Figura 18 – Tabela de aplicação do modelo preenchida -----	41
Figura 19 – Viagens geradas pelo polo gerador segundo a opção <i>Equations</i> do <i>Trip Generation</i> -----	43
Figura 20 – Simulação de resultado alterando a variável “Presença de parquímetro” --	45
Figura 21 – Simulação de resultado alterando a variável “Paradas de ônibus” -----	46
Figura 22 – Simulação de resultado alterando a variável “Proporção de área de estacionamento” -----	47
Figura 23 – Simulação de resultado alterando as variáveis “Presença de parquímetro”, “Paradas de ônibus” e “Proporção de área de estacionamento” -----	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desenvolvimento Disperso versus Crescimento Inteligente -----	13
Tabela 2 – Efeitos estimados de estratégias de gerenciamento de demanda sobre a demanda de estacionamento -----	19
Tabela 3 – Critérios de aplicação-----	21
Tabela 4 – População em torno do polo gerador-----	28
Tabela 5 – Variáveis para cálculo do fator de crescimento inteligente-----	42
Tabela 6 – Variáveis para cálculo dos fatores de ajuste -----	42
Tabela 7 – Resultados das Simulações -----	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos	8
1.2 Justificativa	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Crescimento inteligente: definição e princípios	10
2.2 Princípios de transporte no crescimento sustentável	11
2.3 Multimodalidade	12
2.4 O Crescimento inteligente da perspectiva de transporte	12
2.5 As variáveis D	13
2.5.1 Densidade	16
2.5.2 Diversidade do uso misto ou do uso do solo	16
2.5.3 Projeto Caminhável (<i>walkable design</i>)	17
2.5.4 Acessibilidade	17
2.5.5 Distância ao transporte público	18
2.5.6 Escala de desenvolvimento	19
2.5.7 Gerenciamento de Demanda	19
2.5.8 Demografia	20
2.6 Método do ITE Trip Generation	20
2.7 Método Smart Growth Trip Generation	21
3 O POLO GERADOR DE VIAGENS SHOPPING BOULEVARD GARDEN ARAXÁ	25
3.1 Características do local	25
3.1.1 Código de uso do solo do ITE	25
3.1.2 Desenvolvimento da área	26
3.1.3 Diversidade de usos do solo	26

3.1.4	População residencial	27
3.1.5	Número de empregos	29
3.1.6	Polos geradores de viagens especiais	30
3.1.7	Paradas de ônibus e trens	30
3.1.8	Ciclovias e calçadas	31
3.2	Características do local e viagens estimadas pelo ITE	33
3.2.1	Unidades residenciais	33
3.2.2	Área construída	33
3.2.3	Proporção de área ocupada	34
3.2.4	Viagens motorizadas em horário de pico	34
3.3	Entrada de dados	35
3.3.1	Distância em linha reta do centro	35
3.3.2	Recuo do prédio	36
3.3.3	Presença de parquímetros	37
3.3.4	Proporção de área de estacionamento	37
3.3.5	Distância de campus universitário	39
4	SIMULAÇÕES E RESULTADOS	41
	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A estimativa do número e do tipo de viagens que um empreendimento produzirá é o primeiro passo de uma Análise de Impacto do Tráfego, uma etapa conhecida como geração de viagem. Nessa etapa é estimado o número de viagens de automóveis, ônibus, caminhões e outros modos de transporte que podem ser geradas por um polo gerador. Atualmente, as taxas de geração, desenvolvidas pelo Instituto de Engenheiros de Transportes dos EUA (ITE, 2006) e utilizadas no planejamento de transportes, são obtidas a partir de dados coletados principalmente em locais suburbanos, sem volume de tráfego significativo, ciclovias ou instalações para pedestres e estão disponíveis apenas para modos motorizados, não para outros modos, como caminhar ou andar de bicicleta.

No entanto, estudos realizados recentemente apontam que os dados obtidos com as taxas de geração muitas vezes superestimam o número de viagens de automóveis para polos geradores localizados em áreas urbanas e próximas a outros polos.

Por isso, foi desenvolvido um novo método pela Universidade da Califórnia, em Davis, EUA, denominado *Smart Growth Trip Generation*, (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2013) ou taxas de geração de viagens sustentáveis, que leva em consideração viagens sustentáveis, ou seja, por outras modalidades de transporte, além do automóvel, como transporte coletivo, a pé e de bicicleta. O impacto no tráfego, para mais ou para menos, dessas outras modalidades pode ser avaliado e medidas amenizadoras desse impacto poderão ser propostas e implementadas.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é realizar estudos e análises das taxas de viagens relativas a um polo gerador com uso do método *Smart Growth Trip Generation* (UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 2013), comparando o resultado com o método convencional desenvolvido pelo ITE (ITE, 2006). Além disso, o trabalho visa analisar os possíveis impactos relacionados ao transporte ligados a um polo gerador e apontar medidas amenizadoras.

O polo gerador objeto de estudo deste trabalho é o Shopping Boulevard Garden. Trata-se de uma galeria comercial composta de 60 lojas de diversos segmentos, além de um cinema, localizado na Avenida Prefeito Aracely de Paula, na cidade de Araxá, Minas Gerais.

Para o desenvolvimento deste estudo foi necessária uma coleta de dados, tais como: área de estacionamentos do local estudado, o número de paradas e linhas de ônibus, a constatação da presença ou não da modalidade Veículo Leve sobre Trilhos – VLT, a área construída, a população residencial em um raio de 0,5 milha a partir do centro do local de estudo, a distância ao centro da cidade e o recuo das edificações em relação à rua.

1.2 Justificativa

A justificativa para executar este trabalho é na aplicação de métodos, a maioria desenvolvidos no exterior, que propõem estudar viagens ditas sustentáveis e aplicá-los ao Brasil. Com isso, espera-se que problemas graves no trânsito urbano, de veículos e pessoas, como: congestionamentos, poluição, acidentes, consumo de combustível, enfim, problemas que tornam a vida das pessoas menos prazerosas possam ser melhor estudados e amenizados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para fundamentação teórica desta monografia, realizou-se uma revisão de assuntos na área de transporte e crescimento inteligente, englobando aspectos como definições, princípios, variáveis envolvidas e métodos utilizados.

2.1 Crescimento inteligente: definição e princípios

Na literatura não há uma definição detalhada e amplamente estabelecida do que seria um crescimento inteligente. No entanto, em geral, as áreas de crescimento inteligente são lugares onde muitas atividades comuns, por exemplo: locais de trabalho, parques, cafés, lojas, outras residências, estão localizadas a uma curta distância a pé de onde muitas pessoas vivem e trabalham. As áreas de crescimento inteligente também são normalmente atendidas por instalações para pedestres e bicicletas e transporte público frequente e confiável.

Segundo a *Smart Growth Network (2015)*, uma atividade conjunta da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – EPA e várias agências governamentais norte-americanas sem fins lucrativos, existem dez princípios de crescimento inteligente que, nos últimos anos, ganharam ampla circulação como uma definição do complexo conceito de desenvolvimento. Segundo a *Smart Growth Network (2015)*, um projeto de crescimento inteligente serve para direta ou indiretamente:

1. Diversificar os usos do solo;
2. Aproveitar o projeto compacto de edifícios;
3. Criar uma gama de oportunidades e escolhas de habitação;
4. Criar bairros transitáveis;
5. Promover comunidades atraentes e distintivas com um forte sentido de lugar;
6. Preservar o espaço aberto, terras agrícolas, beleza natural e áreas ambientais críticas;
7. Fortalecer e dirigir o desenvolvimento para as comunidades existentes;
8. Fornecer uma variedade de opções de transporte;
9. Tornar as decisões de desenvolvimento previsíveis, justas e rentáveis;
10. Incentivar a colaboração da comunidade e dos interessados nas decisões de desenvolvimento.

Ressalta-se que esses princípios apontam para benefícios além do transporte. Por exemplo, fomentar um forte sentido de lugar e encorajar a colaboração da comunidade são metas que não têm implicação no transporte, porém, geram benefícios sociais claros. Além disso, alguns dos dez princípios com implicações no transporte também incorporam outros benefícios não relacionados com o transporte, por exemplo: a habitação compacta é, muitas vezes, mais acessível, e misturar residências, lojas e serviços locais é útil para os residentes.

2.2 Princípios de transporte no crescimento sustentável

Segundo a Universidade da Califórnia (2013), pode-se afirmar que quatro dos dez princípios apresentados de crescimento inteligente são de grande importância para o planejamento de transporte em geral e o foco deste projeto em geração de viagens em particular. Embora cada um desses quatro princípios seja distinto, eles são sinérgicos em seu efeito sobre o comportamento de viagem.

Aproveitar o projeto compacto do edifício pode ser considerado como um sinônimo para a densidade de desenvolvimento, que inúmeros estudos ao longo de muitas décadas têm mostrado ser positivamente correlacionados com outros modos de transporte, além dos automóveis.

É importante ter em conta o uso misto do solo ao estimar a geração de viagens, uma vez que uma diversidade adequada de usos do solo em um local tende a estimular viagens internas e, dependendo do projeto do local, pode reduzir o uso de veículos.

Segundo a Universidade da Califórnia (2013), a criação de bairros que facilitem o deslocamento a pé é um princípio relevante para a geração de viagens, uma vez que os bairros que se podem percorrer caminhando tendem a desencorajar as viagens feitas com veículos reduzindo, assim, as viagens no geral. A densidade e uso do solo desempenham um papel fundamental na criação de ambientes passíveis de caminhar, por encurtar viagens e fornecer destinos próximos, mas a presença de calçadas, trilhas e ciclovias que fornecem rotas diretas entre usos relacionados com o solo também é um componente essencial de caminhabilidade, ou *walkability*, que é o termo em inglês utilizado para medir o quão amigável uma área é para se caminhar.

O fornecimento de diferentes opções de transporte e alternativas para o automóvel pode incentivar a redução de viagens de veículo em geral. A caminhabilidade representa um

primeiro passo essencial para fornecer opções de transporte, e fornecimento de passarelas é um elemento de crescimento inteligente que os projetos de desenvolvimento devem sempre fornecer, independentemente da escala de desenvolvimento.

2.3 Multimodalidade

Todd Litman, fundador e diretor executivo do Victoria Transport Policy Institute, uma organização independente de pesquisa dedicada ao desenvolvimento de soluções inovadoras para os problemas de transporte, publicou uma análise sumária do mercado de crescimento inteligente que inclui uma definição extensiva de crescimento inteligente por meio das lentes de planejamento de transporte. Segundo Litman (2008), a variedade de opções de transportes oferecidos em determinado local pode ser resumida, em uma palavra, como multimodalidade. O termo multimodal implica a disponibilidade e a utilização de uma variedade de modos de viagem, incluindo veículos particulares, veículos coletivos, como trens e ônibus, assim como modos de transporte não motorizados, como bicicleta e a própria caminhada. Este termo é pertinente a este trabalho porque os projetos de desenvolvimento de crescimento inteligente visam promover um grau elevado da multimodalidade e, assim, reduzir viagens de veículo em geral.

De acordo com Litman (2008), embora as estruturas adequadas para caminhar e andar de bicicleta possam e devam ser fornecidas em escala de projeto, muitas escolhas de transporte, como, por exemplo, o transporte ferroviário, o transporte rápido por ônibus – BRT e redes de calçadas e ciclovias exigem financiamento, coordenação e implementação do governo em escala regional. Os projetos de desenvolvimento sustentável podem prever opções de transportes sem uso de veículos, mas não podem por si próprios fornecer-lhes.

Para fins deste estudo, "multimodal" é definido como sistema de transporte que inclui, no mínimo, viagens por veículos particulares, transporte público e transporte não motorizado, como pedestres e bicicletas.

2.4 O Crescimento inteligente da perspectiva de transporte

Segundo Litman (2009), o crescimento inteligente consiste em padrões de desenvolvimento de uso do solo que enfatizam a acessibilidade, a capacidade de alcançar destinos, além da mobilidade. O crescimento inteligente também promove a diversidade modal, ao contrário do desenvolvimento disperso, que é dependente do automóvel. Na

Tabela 1 consta um resumo feito por Litman sobre esses dois paradigmas de desenvolvimento.

Tabela 1 – Desenvolvimento Disperso versus Crescimento Inteligente

Variável	Desenvolvimento Disperso	Crescimento Inteligente
Densidade	Menor densidade Atividades dispersas	Maior densidade Atividades agrupadas
Padrão de crescimento	Crescimento em áreas não utilizadas	Desenvolvimento em estruturas já utilizadas
Uso do solo	Homogêneo	Uso misto
Escala	Grande escala Quadras maiores e ruas mais largas	Menor escala Quadras menores e ruas mais estreitas

Fonte: Adaptado de Litman (2009).

Portanto, vê-se o crescimento inteligente como aplicável a uma ampla gama de contextos, mas observa-se que a sua forma e as facilidades de transporte e desempenho associados são diferentes em diferentes ambientes metropolitanos:

- O Crescimento Inteligente Urbano pode implicar um desenvolvimento de uso misto de média e alta densidade concentrado em torno de estações de transporte;
- O Crescimento Inteligente Suburbano geralmente envolve bairros pequenos, bairros de baixa renda, de uso misto do solo, nos quais se pode percorrer caminhando, e é muitas vezes chamado de novo urbanismo;
- O Crescimento Inteligente Rural tipicamente envolve o desenvolvimento agrupado em comunidades nas quais se pode percorrer caminhando, conectadas por transporte compartilhado e transporte público, e estradas com acostamentos adequados para circulação de bicicletas.

Desta forma, embora todo o desenvolvimento de crescimento inteligente seja, por definição, multimodal, os modos disponíveis e seu grau de uso, participação modal, variarão.

2.5 As variáveis D

Por mais de uma década, os analistas de transporte, tanto academicamente quanto na prática profissional, tentaram isolar e medir componentes de crescimento inteligente que

reduzam as taxas de viagem de veículo e os impactos relacionados. O conjunto de pesquisas passou a ser conhecido como análise D devido ao fato de que muitas das variáveis podem, com alguma criatividade, ser descritas com termos que começam com a letra D. A terminologia das variáveis D pode ser atribuída à pesquisa liderada por Robert Cervero (CERVERO, 1997).

Os D mais conhecidos são as variáveis locais de uso do solo que incluem: Densidade, (*Density*); Diversidade, (*Diversity*), do uso do solo; Desenho, (*Design*), acessível a pedestres; acesso a Destinos, (*Destination*), regionais; e Distância, (*Distance*), ao transporte coletivo. Outras variáveis D incluem escala de Desenvolvimento, (*Development*), Demografia, (*Demography*); e gerenciamento de Demanda (*Demand*) de viagem.

Segundo Cervero (1997) certas características dos bairros afetam a quantidade e o modo de viagem. Esse efeito é independente das características domésticas e demográficas: renda, tamanho da família, número de trabalhadores, etc., tipicamente utilizados nas equações de geração de viagem do veículo. Pesquisas relacionadas descobriram que as variáveis D também afetam o transporte de passageiros e as viagens não motorizadas quando ocorrem perto de estações de transporte ferroviário.

Uma conclusão é que a análise de geração de viagem para estudos de impacto no tráfego deve incluir ajustes nas taxas de geração de viagens para refletir as características da área em torno das residências. Esta descoberta é, em certo sentido, conhecida e reconhecida: o manual do ITE *Trip Generation* recomenda esse ajuste em suas últimas edições. No entanto, um processo aceito de operacionalização da análise de geração de viagens de crescimento inteligente ainda está em desenvolvimento.

Para a Universidade da Califórnia (2013), os "fatores D" representam uma base razoável para o método de geração de viagens de crescimento inteligente, uma vez que eles são mensuráveis e podem afetar de forma demonstrável a escolha do modo e a geração de viagens. Os fatores D altamente relevantes para este projeto incluem as seguintes variáveis interrelacionadas:

1. Diversidade: O quanto o local estudado mistura os usos comerciais, residenciais e empresariais do solo. O aumento da diversidade de usos do solo pode aumentar a quantidade de viagens internas;

2. Densidade: a densidade de um local, tipicamente medida em unidades, como unidades de habitação ou empregados por acre ou milha quadrada etc. Os locais de maior densidade tendem a produzir menos viagens de veículos por unidade de medida;
3. Desenho: especificamente, o desenho das redes de transporte do local, levando em conta a conectividade e a capacidade de caminhar, *walkability*, que têm o potencial de reduzir as viagens de veículos;
4. Proximidade do Destino: A proximidade e a acessibilidade do local para usos interativos e compatíveis com o solo. Os usos do solo em proximidade de outros usos compatíveis tendem a gerar menos viagens de veículos e taxas menores de milhas percorridas por veículo (MPV). A densidade e diversidade contribuem para a proximidade do destino;
5. Distância ao transporte coletivo: proximidade do local para estações de transporte coletivo. Uma proximidade maior aumenta a viabilidade do uso de transporte público reduzindo, assim, as viagens de veículos particulares. Densidades mais altas suportam um serviço de transporte coletivo mais intensivo, potencialmente aumentando a quantidade de pessoas que o utilizam;
6. Escala de desenvolvimento: o tamanho de um projeto de desenvolvimento. Geralmente, quanto maior o projeto, maior a internalização da criação de viagens, embora esta internalização seja dependente da densidade e diversidade de usos do solo;
7. Gerenciamento de Demanda: os preços e os incentivos para o uso de modos públicos podem, nas condições corretas, reduzir drasticamente o uso de veículos particulares. Diversidade, densidade, desenho e proximidade de destino contribuem para esse fator;
8. Demografia: fatores, como a rotina de vida familiar, a renda e a propriedade de veículos influenciam indiscutivelmente nas escolhas de viagem, embora os dados demográficos não estejam diretamente ligados ao uso do solo.

A literatura sobre características de vizinhança que afetam a geração de viagem está em constante evolução e novos modelos de comportamentos de viagem estão sempre em investigação. Segundo a Universidade da Califórnia (2013), as variáveis citadas definem as principais características de uso do solo que podem ser vinculadas a um determinado projeto de desenvolvimento e que mostraram afetar a geração de viagens e a escolha do

modo de viagem. A seguir estão definidas as características, escopo e medição dessas variáveis.

2.5.1 Densidade

A densidade residencial líquida é medida em termos de famílias ou unidades de habitação por acre. Idealmente, a superfície medida deve ser aquela que é realmente desenvolvida para usos residenciais, excluindo estradas, espaços abertos e outros espaços sem nenhum desenvolvimento. Segundo Cervero (1997), quando observado isoladamente, quanto mais denso é o espaço menos viagens de veículos por unidade de habitação são geradas.

A densidade de emprego é medida em termos de funcionários ou prédios comerciais por acre de terra de áreas comerciais. Porém, a relação entre a densidade do emprego e a redução de viagens por veículo é menos clara do que a densidade residencial.

2.5.2 Diversidade do uso misto ou do uso do solo

Uma definição de desenvolvimento de uso misto que engloba muitas áreas existentes com padrões de uso do solo mista e interligada foi desenvolvida por Ewing (2008). Esta definição é, por sua vez, baseada na definição de desenvolvimento de múltiplos usos usada no Manual do *Trip Generation* do Institute of Transportation Engineers (ITE, 2006): "Um uso misto do solo consiste em dois ou mais usos, entre os quais as viagens podem ser feitas usando ruas locais, sem ter que usar as ruas principais. Os usos podem incluir residencial, comercial, empresarial e entretenimento. Pode haver passeios entre os usos."

Grant (2002) define o planejamento de uso misto como criar ambientes amigáveis aos pedestres, de alta densidade e de uma variedade de usos que permitem às pessoas viver, trabalhar, se divertir e comprar em um só lugar, o que se torna um destino.

Podem ser distinguidos dois tipos de uso misto:

1. Emprego, Disponibilidade ou equilíbrio da habitação: Residências e trabalhos próximos podem reduzir o número ou distância de viagens de veículos geradas por cada uso, permitindo que algumas viagens de trabalho sejam feitas a pé ou de bicicleta e reduzindo as distâncias de viagem por veículo particular ou por transporte público;

2. Diversidade de emprego: A pesquisa também sugere que uma combinação de atividades básicas de emprego, por exemplo, escritórios, varejo e serviço, por exemplo, lojas e restaurante, pode reduzir o uso do veículo para viagens que se originam ou terminam em um local de trabalho.

2.5.3 Projeto Caminhável (*walkable design*)

Muitos projetos de melhoria para pedestres e bicicletas baseiam-se no pressuposto de que melhorar o ambiente de caminhada e ciclismo resultará em mais viagens não motorizadas e uma redução nas viagens motorizadas. A dificuldade em usar esta variável na geração de viagem é que existem muitas variáveis que influenciam a experiência dos pedestres e é difícil identificar uma única definição que capture todas elas. A caminhabilidade usada em alguns *softwares* enfoca a presença, a densidade e a facilidade dos caminhos para pedestres.

Segundo Cervero (1997), ao refletir a dificuldade de capturar todos os aspectos relevantes da capacidade de caminhar, a variável *walkable design*, quando isolada, geralmente tem a menor influência na geração de viagem quando comparada as outras variáveis D. Assim, o desenho para o transporte não motorizado tem importantes efeitos sinérgicos em conjunto com a densidade e a diversidade.

2.5.4 Acessibilidade

Segundo Handy (1996), famílias e atividades não residenciais situadas perto dos centros regionais de atividades geram menos viagens motorizadas do que as famílias localizadas longe dos centros de destino. Ao comparar diferentes potenciais locais para o mesmo tipo de desenvolvimento, a acessibilidade é muito importante. Essa variável pode ser quantificada estimando o tempo de viagem total para todos os destinos e pontos de atração de viagens.

Para Handy (1996), a sensibilidade às variações na acessibilidade regional é característica da maioria dos modelos de demanda de viagem e, portanto, a modelagem pode ser usada para estimar essa variável D. Um modelo calcula o tempo total de viagem, ou custo generalizado de viagem, de uma zona para todos os destinos de interesse em uma região. O tempo de viagem por modo, por exemplo, o número de empregos ou lojas de varejo dentro de 30 minutos de um local por carro ou transporte público, são exemplos de medidas de acessibilidade de destino.

Embora os modelos de demanda de viagens ofereçam uma estimativa razoável da acessibilidade regional, eles tratam a acessibilidade local, acessibilidade de destino dentro ou perto de um bairro, de forma superficial. A maioria desses modelos inclui uma medida bruta de viagens capturadas por destinos próximos. O exame da acessibilidade local, influenciado pela diversidade, desenho e acessibilidade regional, refletindo padrões de uso do solo e conexões de transporte em toda a região, é importante na estimativa de geração de viagens por veículo.

2.5.5 Distância ao transporte público

Segundo estudos da Universidade da Califórnia (2013), o desenvolvimento perto de estações de transporte público onde há maior densidade e diversidade apropriada de uso do solo, em um ambiente concebido para facilitar a caminhar e andar de bicicleta gera provável redução no uso de veículos por várias razões interrelacionadas, como:

1. Melhor acessibilidade regional, especialmente por meio do transporte de alta capacidade, que reduz o deslocamento por veículos particulares;
2. Maior oferta de transporte público diminui a necessidade de uso de veículos particulares;
3. A diversidade de uso do solo perto de paradas do transporte coletivo encoraja os residentes da área a andar de transporte público, permitindo o "encadeamento de viagens", ou seja, caminhar para lojas próximas no caminho para residências das estações após o trabalho.

Pode haver, também, redução no número de viagens e milhas de viagens de veículos devido a:

1. Menor número de veículos particulares;
2. Mais viagens por caminhada;
3. Viagens motorizadas mais curtas.

Uma análise detalhada da Metropolitan Transportation Commission – MTC (2009) em uma área de 15 mil habitantes, a partir do ano 2000, confirma os efeitos da proximidade de serviços de transporte coletivo de alta qualidade, mesmo quando contabilizam outras variáveis D, como a densidade. A MTC descobriu que os moradores que habitam a meia milha de transporte ferroviário são quatro vezes mais propensos a usar esse tipo de transporte do que os que vivem a mais de meia milha de uma estação. Os resultados da

pesquisa mostram que os moradores que vivem e trabalham dentro de meia milha de estações de ônibus realizam 42% das viagens diárias por ônibus, caminhadas ou bicicleta. Quase um terço das famílias dentro de meia milha de estações de transporte coletivo não tem veículo. Famílias dentro de meia milha de estações de transporte coletivo geram metade de milhas percorridas por veículo do que residentes suburbanos e rurais.

2.5.6 Escala de desenvolvimento

Para Walters (2009), uma massa crítica de área, população e emprego fornece uma variedade suficiente de opções e equilíbrio de oportunidades. A escala de desenvolvimento afeta viagens devido ao fato de que, isolando-se os outros fatores, quanto maior a escala de desenvolvimento de uma área, maior a porcentagem de viagens que provavelmente serão internalizadas. O grau em que isso ocorre depende de fatores como densidade, diversidade, desenho e proximidade do destino regional. Além disso, quanto maior escala do desenvolvimento, mais as viagens internalizadas são propensas a serem feitas por automóvel ao invés de modos não motorizados, dado o aumento na distância de viagem.

2.5.7 Gerenciamento de Demanda

Segundo Fehr & Peers Transportation Consultants (2009), Gestão de Demanda de Viagem – GDV, preços e outros incentivos para o uso de modos alternativos, também pode ter um efeito significativo no comportamento de viagem. A dificuldade em incorporar a GDV na análise de geração de viagem decorre do fato de que, a menos que as medidas de desempenho do GDV sejam estabelecidas por lei ou contrato, a previsibilidade da implementação e, portanto, seus efeitos são incertos. Na Tabela 2 é apresentado que a efetividade potencial desse fator é significativa tomando a demanda de estacionamento como exemplo.

Tabela 2 – Efeitos estimados de estratégias de gerenciamento de demanda sobre a demanda de estacionamento

Estratégia de Gestão de Demanda	Potencial redução de estacionamento
Estacionamento compartilhado	10% a 20%
Compra de passe de transporte público	5% a 20%
Cobrança de estacionamento	5% a 20%
Aluguel de vaga	5% a 10%

Carros compartilhados, caronas	2% a 5%
---------------------------------------	---------

Fonte: Fehr & Peers Transportation Consultants (2009).

2.5.8 Demografia

Segundo a Universidade da Califórnia (2013), as variáveis demográficas, por exemplo, tamanho da família, estágio de vida, classe social e propriedade de veículo, afetam claramente a geração de viagem. O principal problema para a análise da geração de viagens decorre do fato de que é extremamente difícil prever as características demográficas dos residentes e usuários de novos locais de desenvolvimento. Assim, enquanto o valor da variável demográfica pode ser estatisticamente válido, o desafio de prever com precisão pode diminuir o valor das variáveis demográficas na prática.

2.6 Método do ITE *Trip Generation*

O recurso usado com mais frequência para estimar a geração de viagem é o manual do *Institute of Transportation Engineers* – ITE. O manual fornece taxas médias de geração de viagem do veículo, horas diárias e horários de pico, para uma variedade de categorias de uso do solo. No entanto, os dados utilizados na geração de viagem são coletados principalmente em desenvolvimentos isolados que não possuem transporte público e boa infraestrutura para bicicletas e pedestres. Assim, o manual especifica que, embora essas taxas sejam apropriadas para desenvolvimentos suburbanos convencionais, eles não devem ser usados em centros urbanos ou outras áreas atendidas por transporte público, onde as taxas de ITE tendem a superestimar as viagens de veículos.

Estudos recentes mostraram que os métodos ITE superestimam as viagens geradas em locais de crescimento inteligente e que a densidade residencial dentro de 0,5 milha da estação de transporte público é a variável mais correlacionada com as taxas de geração de viagem. Descobriu-se, ainda, que as taxas reais de viagem da hora de pico da manhã estão entre 27% e 50% menores do que as taxas de ITE e as taxas reais de viagem da hora de pico da tarde estão entre 26% e 50% menores do que as taxas de ITE para prédios residenciais médios, edifícios comerciais e restaurantes de alto padrão, segundo Kimley Horn & Associates (2009).

O manual do ITE fornece orientação aos profissionais sobre o uso adequado dos dados fornecidos no *Trip Generation*, além de material suplementar em relação ao processo de estimativa de geração de viagens. O manual fornece uma metodologia para estimar as

taxas de geração de viagens em locais de uso misto por meio de uma planilha. No entanto, o analista é instruído a ter cautela ao usar esta metodologia para estimar reduções, pois os dados representam um tamanho de amostra muito pequeno. Além disso, a metodologia é aplicável somente a desenvolvimentos de uso misto do solo e não conta para outros fatores que afetam as taxas de viagem, como os fatores já descritos. Como as taxas de geração de viagens calculadas usando a planilha são expressas como reduções das taxas de geração de viagens por veículo fornecidas no *Trip Generation*, nenhuma informação de divisão modal é fornecida usando a metodologia. Embora o *Trip Generation* seja amplamente utilizado e aceito, uma vez que foi desenvolvida pela ITE, que é a autoridade mais citada em estimativas de geração de viagem nos Estados Unidos, apresenta as desvantagens acima mencionadas.

2.7 Método Smart Growth Trip Generation

Devido à ausência de uma metodologia comumente aceita nos EUA para estimar taxas de geração de viagem multimodais associadas a projetos de crescimento inteligente, a Universidade da Califórnia em Davis desenvolveu uma metodologia e ferramenta que os profissionais possam usar para estimar as taxas de geração de viagem multimodais para projetos de crescimento inteligente.

O método do Smart Growth foi realizado entre setembro de 2009 e fevereiro de 2013. A equipe de projeto da UC Davis coletou dados de geração de viagem em trinta locais de crescimento inteligente na Califórnia e usou essa informação, juntamente com dados de geração de viagem de outros estudos, para desenvolver um método que utiliza uma ferramenta de planilha para ajustar a geração de viagem estimada com base nas taxas de ITE.

Tendo em vista as definições e princípios já citados, foram definidos critérios específicos que devem ser atendidos a fim de aplicar o modelo desenvolvido pela Universidade da Califórnia, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Critérios de aplicação

Uso do Solo	Códigos de uso do solo do ITE <i>Trip Generation</i> : Residencial (220, 222, 223, 230, 232), escritório (710), restaurantes e cafés (925, 931, 936), comércio varejista (813, 814, 815, 820 , 867, 868).
Desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> Área dentro de um raio de 0,5 milha do local em sua maioria (80%) desenvolvida.

	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidade de usos do solo dentro de um raio de 0,25 milha do local. • $J > 4.000$ e $R > (6.900 - (0,1 \cdot J))$, em que J é o número de empregos dentro de um raio de 0,5 milha do local e R é o número de moradores dentro de um raio de 0,5 milha do local. • Ausência de atrativos especiais dentro de um raio de 0,25 milha do local, por exemplo, estádios, bases militares, aeroportos comerciais etc.
Serviços de Transporte	Durante o horário de pico de funcionamento durante a semana, presença de pelo menos 10 paradas em um raio de 0,25 milha ao redor do local do estudo ou 5 locais de parada de trem dentro de um raio de 0,5 milha ao redor do local de estudo.
Infraestrutura para pedestres e ciclistas	Presença de ciclovia dentro de dois quarteirões do perímetro do local, ou mais de 50% de cobertura de calçada nas ruas dentro de um raio de 0,25 milha do local.

Fonte: University of California (2013).

A ferramenta é uma planilha eletrônica (Excel), que conta com duas abas, a primeira designada para verificar se o local a ser estudado preenche os requisitos do sistema e a segunda para a análise de dados e resultados. As interfaces das planilhas podem ser verificadas nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Planilha de verificação de aplicabilidade

Site Characteristics		
Name		
Address		
City		Site Meets Criteria ^{1,2,3,4}
ITE Land Use Code ⁵		No
The area within a 0.5-mile radius of the site is >80% developed (1=yes, 0=no) ⁶		No
There are at least two different land uses within a 0.25-mile radius of the site (1=yes, 0=no) ⁷		
Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius ⁸		
Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius ⁹		
There are no special attractors within a 0.25-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ¹⁰		
Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius ¹¹		No
Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius ¹²		
There is at least one designated bicycle facility within 2 blocks of the edge of the site (1=yes, 0=no) ¹³		No
There is >50% sidewalk coverage on streets within a 0.25-mile radius of the site (1=yes, 0=no) ¹⁴		
Model Applicability		
Is the Smart Growth Trip Generation Model Application Tool appropriate for this site?	No	

Fonte: Smart Growth Trip Generation (2013).

Figura 2 – Planilha de aplicação do modelo

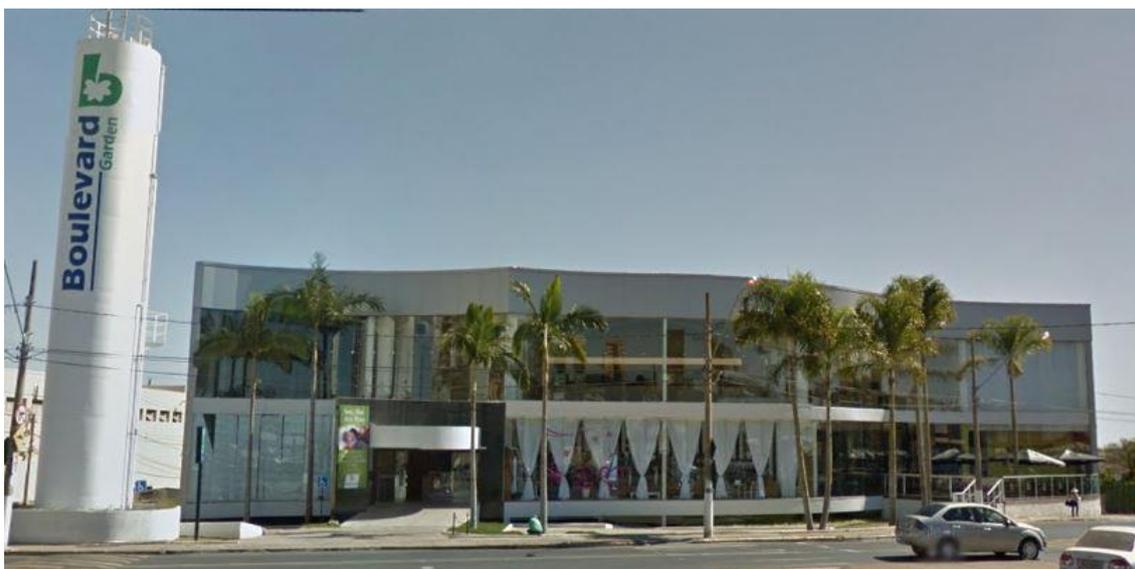
Site Characteristics & ITE-Estimated Trips	
Name	
Address	
City	
ITE Land Use Code	
Dwelling Units (Residential) ¹	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	
Model Inputs	
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁶
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ⁷
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius
	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸
General LU	Study land use is an office (1=yes, 0=no)
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no) ⁹
Model Outputs ¹⁰	
Smart Growth Factor	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips	
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips	
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	

Fonte: Smart Growth Trip Generation (2013).

3 O POLO GERADOR DE VIAGENS SHOPPING BOULEVARD GARDEN ARAXÁ

O polo gerador de viagens escolhido foi o Shopping Boulevard Garden Araxá, um complexo comercial inaugurado no ano de 2015 em Araxá, Minas Gerais, que possui 50 lojas comerciais, quiosques e praça de alimentação, uma sala de cinema e 146 vagas de estacionamento. O local tem 6.153 m² de área construída em um terreno de 4.030 m². Na Figura 3 é ilustrada a fachada do estabelecimento.

Figura 3 – Shopping Boulevard Garden Araxá



Fonte: Google Maps (2017).

3.1 Características do local

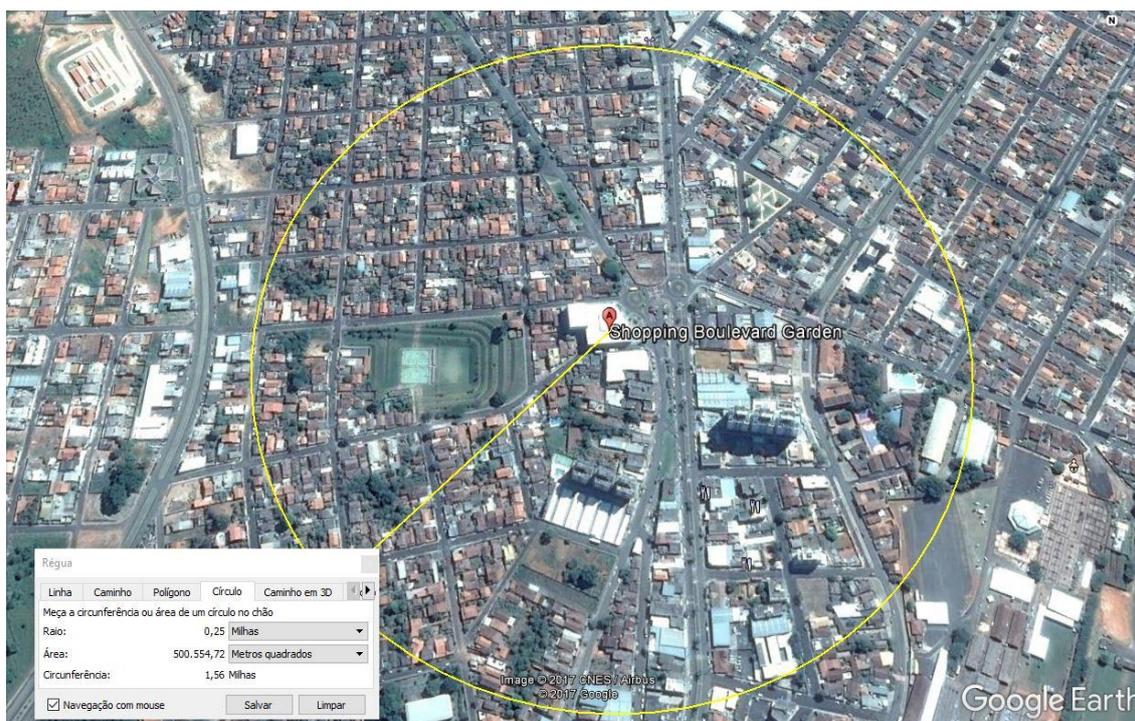
A coleta de dados é uma parte crítica do projeto. Foram utilizadas ferramentas eletrônicas, on-line, dados fornecidos por empresas e órgãos governamentais e pesquisas de campo.

A fim de checar se o local escolhido satisfaz os critérios do modelo, são introduzidos na planilha os dados descritos a seguir.

3.1.1 Código de uso do solo do ITE

O primeiro dado requisitado pelo método *do Smart Growth Trip Generation* é o código de uso do solo do ITE (*ITE Land Use Code*) do local. O código utilizado foi o de *Shopping Center* que, segundo o *ITE Trip Generation Manual*, é o 820, que foi introduzido na quarta linha da Figura 1.

Figura 5 – Área de raio 0,25 milha no entorno do polo gerador



Fonte: Google Earth (2017).

Portanto, também foi inserido o número 1 no campo referente a este critério na sexta linha planilha da Figura 1.

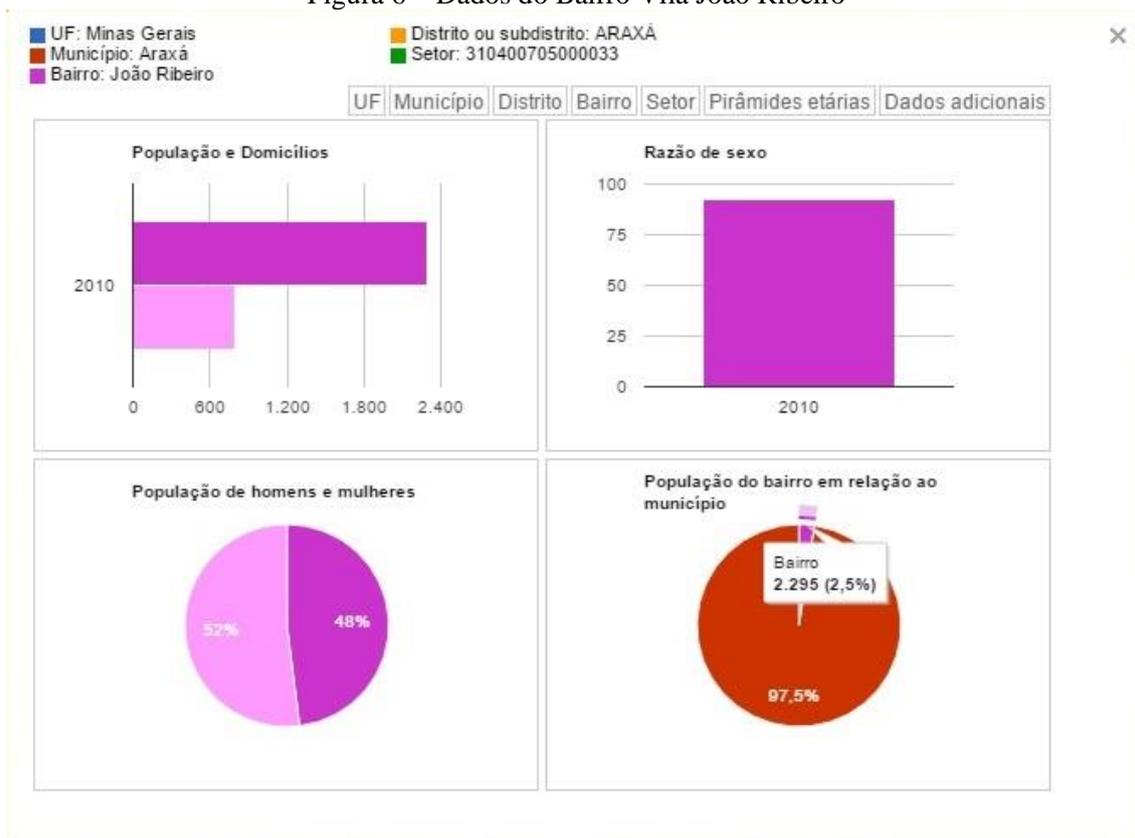
3.1.4 População residencial

Na sétima linha pede-se o número de habitantes dentro de um raio de 0,5 milha a partir do polo gerador. Para estimar essa população foram utilizados o Google Earth e os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE sobre os bairros da cidade de Araxá.

Com ajuda do Google Earth foi marcada a área de raio 0,5 milha e, assim, pôde-se verificar os bairros nela contidos, como pode ser observado na Figura 4.

O IBGE apresenta, por meio de um mapa interativo, os dados por região das cidades brasileiras. Na figura 6 são apresentados, como exemplo, os dados da Vila João Ribeiro, um dos bairros no entorno do Shopping Boulevard Garden Araxá.

Figura 6 – Dados do Bairro Vila João Ribeiro



Fonte: IBGE (2017).

A partir dos dados do IBGE foi feita a estimativa de população de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – População em torno do polo gerador

Bairro	Área (%)	População do bairro (hab.)	População na área (hab.)
Vila João Ribeiro	100%	2.295	2.295
São Cristóvão	100%	594	594
Sagrada Família	80%	594	475
Vila Santa Terezinha	80%	2.033	1.626
Leda Barcelos	40%	518	207
Vila Silvéria	10%	2.428	243
Fertiza	80%	2.314	1.851
População total na área			7.291

Fonte: O autor (2017).

Portanto, a população estimada dentro do círculo e introduzida no modelo foi de 7.291 habitantes.

3.1.5 Número de empregos

O número de empregos dentro da área de raio de 0,5 milha também foi estimado com base nos dados do IBGE. Na estimativa foi utilizado o percentual de população com empregos formais na região Sudeste. Nota-se, na Figura 7, que a estimativa é pouco precisa porque o percentual leva em consideração apenas maiores de 16 anos e que os dados são de 2014. Porém, devido à dificuldade de encontrar informações mais precisas optou-se por utilizá-la. Na Figura 7 é apresentada a estatística do IBGE utilizada.

Figura 7 – Percentual de empregos formais da população por região



Fonte: IBGE (2017).

Assim, com uso da Equação 1, multiplicou-se o número de habitantes da área pelo percentual de população empregada na região sudeste, encontrando então o número de empregos na área.

$$\text{População formalmente empregada na área} = 7.291 \cdot 67,2\% \quad (1)$$

Portanto, população formalmente empregada na área = 4.900 empregados.

O número de empregos no entorno do local estudado é de 4.900, valor maior que o mínimo exigido pelo método do Smart Growth, que é de 4.001 empregos.

3.1.6 Polos geradores de viagens especiais

Para aplicabilidade do modelo, não deve existir nenhum atrativo especial dentro de um raio de 0,25 milha a partir do centro do polo gerador estudado, como citado na Tabela 3. O método considera atrativos especiais locais como estádios, bases militares e aeroportos comerciais, locais estes que não podem ser vistos dentro da área considerada da Figura 5. Logo, foi colocado o número 1 como dado de entrada no método, correspondente a “sim”, ou seja, não há atrativo especial dentro de um raio de 0,25 milha.

3.1.7 Paradas de ônibus e trens

Deve-se inserir, para o período de pico da tarde, a quantidade de paradas de ônibus dentro de um círculo de raio de 0,25 milha a partir do polo gerador, e de trens dentro de um raio de 0,5 milha.

Na cidade de Araxá não existe nenhum tipo de veículo sobre trilhos, portanto, foi inserido 0 como dado de entrada na linha da planilha referente a esse transporte.

Para quantificar o número de paradas de ônibus foram utilizadas informações disponíveis na página na *internet* da empresa responsável pelo transporte público em Araxá, juntamente com pesquisa de campo. Com uso do Google Earth foi delimitada a área em questão e averiguada a presença de pontos de ônibus, rua por rua, e conferidas as paradas em cada ponto. Os pontos de ônibus encontrados e as linhas que por eles passam são os seguintes:

- Ponto 1 – Avenida Imbiara: Linhas 3, 4, 13, 14, 17;
- Ponto 2 – Avenida Imbiara: Linhas: 3, 4, 13, 14, 17;
- Ponto 3 – Avenida Imbiara: Linhas: 3, 4, 13, 14, 15, 17;
- Ponto 4 – Avenida Imbiara: Linhas: 3, 4, 13, 14, 15, 17;
- Ponto 5 – Rua José Barbosa de Castro: Linha 7;
- Ponto 6 – Rua José Barbosa de Castro: Linha 7;
- Ponto 7 – Rua João Magalhães: Linha 7;
- Ponto 7 – Avenida Prefeito Aracely de Paula: Linhas: 4, 7, 8;
- Ponto 8 – Avenida Prefeito Aracely de Paula: Linhas: 4, 7, 8;
- Ponto 9 – Rua Dr. Edmar Cunha: Linha 8;
- Ponto 10 – Rua Dona Maroca: Linha 8.

Na Figura 8 é apresentado, como exemplo, o Itinerário e a Tabela de horários da Linha 3.

Figura 8 – Itinerário e Tabela de horários da Linha 3 do transporte coletivo de Araxá



Fonte: Vera Cruz Transporte e Turismo LTDA (2017).

Foram encontradas 33 paradas de ônibus dentro do círculo de raio 0,25 milha no entorno do Shopping Boulevard Garden Araxá.

3.1.8 Ciclovias e calçadas

O método requer a presença de ciclovias a, pelo menos, dois quarteirões do local estudado ou a presença de calçada em pelo menos 50% dentro da área de raio 0,25 milha.

A cidade Araxá não possui nenhuma ciclovia, faixas compartilhadas ou estruturas do gênero que facilitem o transporte por bicicletas, portanto, foi inserido o número 0, equivalente a “não”, na linha da planilha referente a esse requisito.

A presença de calçadas é visível em toda a área em volta do Shopping Boulevard Garden Araxá, portanto, foi inserido o número 1, referente a “sim”, neste critério do modelo. Na

Figura 9 é ilustrado o exemplo de presença de calçadas nas adjacências do *shopping*, na Rua Joaquim Teodoro da Silva.

Figura 9 – Presença de calçadas nas adjacências do *shopping*



Fonte: Google Maps (2017).

Na figura 10 observa-se a planilha de análise dos critérios de aplicabilidade do método *Smart Growth Trip Generation* completa. Como se observa, depois da inserção de dados o método indica que o local proposto preenche todos os requisitos e, portanto, a sua aplicação é justificada.

Figura 10 – Planilha de critérios de aplicabilidade

Site Characteristics	
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula
City	Araxá
ITE Land Use Code ⁵	820
The area within a 0.5-mile radius of the site is >80% developed (1=yes, 0=no) ⁶	1
There are at least two different land uses within a 0.25-mile radius of the site (1=yes, 0=no) ⁷	1
Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius ⁸	7292
Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius ⁹	4900
There are no special attractors within a 0.25-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ¹⁰	1
Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius ¹	33
Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius ¹	0
There is at least one designated bicycle facility within 2 blocks of the edge of the site (1=yes, 0=no) ¹²	0
There is >50% sidewalk coverage on streets within a 0.25-mile radius of the site (1=yes, 0=no) ¹³	1
Model Applicability	
Is the Smart Growth Trip Generation Model Application Tool appropriate for this site?	Yes

Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

3.2 Características do local e viagens estimadas pelo ITE

A segunda planilha, apresentada na Figura 2, é de fato a aplicação do método, em que são transferidos alguns dados já preenchidos, mas, também, é necessária a introdução de mais algumas informações.

3.2.1 Unidades residenciais

Como o polo gerador estudado não é residencial, essa informação é deixada em branco.

3.2.2 Área construída

É pedida pelo método a área construída bruta do local estudado. De acordo com a ficha técnica do *shopping*, a área é de 8.645,97 m². É necessário realizar a conversão para o sistema imperial, que é o utilizado pela ferramenta, que resulta em 93.064,45 pés quadrados. Na Figura 11 é apresentada a relação de áreas construídas do *shopping*.

Figura 11 – Relação de áreas do Shopping Boulevard Garden Araxá

NÍVEL TÉRREO				NÍVEL SUBSOLO I				NÍVEL SUBSOLO II				NÍVEL SUPERIOR			
Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL	Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL	Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL	Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL
LUC 01	69,31 m²	48,51 m²	117,82 m²	LUC 39	47,08 m²		47,08 m²	LUC 61	94,02 m²		94,02 m²	LUC 45	38,74 m²	27,11 m²	65,85 m²
LUC 02	38,75 m²	27,12 m²	65,87 m²	LUC 40	33,72 m²		33,72 m²	LUC 62	142,07 m²		142,07 m²	LUC 46	38,75 m²	27,12 m²	65,87 m²
LUC 03	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 41	27,77 m²		27,77 m²	TOTAL	236,09 m²		236,09 m²	LUC 47	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 04	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 42	29,72 m²		29,72 m²	LUC 48	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 48	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 05	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 43	26,92 m²		26,92 m²	LUC 49	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 49	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 06	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 44	69,39 m²		69,39 m²	LUC 50	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 50	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 07	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 44a	207,16 m²		207,16 m²	LUC 51	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 51	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 08	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 44b	12,22 m²		12,22 m²	LUC 52	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 52	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 09	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	TOTAL	234,60 m²		441,76 m²	LUC 53	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 53	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 10	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	NÍVEL SUBSOLO II				LUC 54	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 54	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 11	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL	LUC 55	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 55	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 12	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 61	94,02 m²		94,02 m²	LUC 56	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 56	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 13	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 62	142,07 m²		142,07 m²	LUC 57	678,38 m²		678,38 m²	LUC 57	678,38 m²		678,38 m²
LUC 14	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	TOTAL	236,09 m²		236,09 m²	LUC 58	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 58	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²
LUC 15	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	NÍVEL SUPERIOR				LUC 59	279,69 m²	195,78 m²	475,47 m²	LUC 59	279,69 m²	195,78 m²	475,47 m²
LUC 16	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	Nº	LOJA	MEZANINO	TOTAL	LUC 60	491,20 m²	275,31 m²	766,51 m²	LUC 60	491,20 m²	275,31 m²	766,51 m²
LUC 17	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 45	38,74 m²	27,11 m²	65,85 m²	TOTAL	1.874,37 m²	837,17 m²	2.809,43 m²	TOTAL	1.874,37 m²	837,17 m²	2.809,43 m²
LUC 18	270,10 m²	189,07 m²	459,17 m²	LUC 46	38,75 m²	27,12 m²	65,87 m²								
LUC 19	315,06 m²	220,54 m²	535,60 m²	LUC 47	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 20	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 48	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 21	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 49	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 22	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 50	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 23	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 51	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 24	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 52	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 25	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 53	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 26	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 54	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 27	41,46 m²	29,02 m²	70,48 m²	LUC 55	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 28	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 56	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 29	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²	LUC 57	678,38 m²		678,38 m²								
LUC 30	6,00 m²		6,00 m²	LUC 58	40,50 m²	28,35 m²	68,85 m²								
LUC 31	11,00 m²		11,00 m²	LUC 59	279,69 m²	195,78 m²	475,47 m²								
LUC 32	6,00 m²		6,00 m²	LUC 60	491,20 m²	275,31 m²	766,51 m²								
LUC 33	6,00 m²		6,00 m²	TOTAL	1.874,37 m²	837,17 m²	2.809,43 m²								
LUC 34	11,00 m²		11,00 m²												
LUC 35	6,00 m²		6,00 m²												
LUC 36	6,00 m²		6,00 m²												
LUC 37	11,00 m²		11,00 m²												
LUC 38	6,00 m²		6,00 m²												
LUC 38a	121,40 m²		121,40 m²												
TOTAL	1.775,68 m²	1.194,66 m²	3.091,74 m²												

ETAPA 01	
TERRENO:	3.176,26 m²
NÍVEIS:	
01 - SUBSOLO 1:	2.143,98 m²
02 - TÉRREO:	2.102,86 m²
03 - SUPERIOR 1:	1.685,05 m²
TOTAL:	5.931,89 m²
ETAPA 02	
TERRENO:	610,89 m²
NÍVEIS:	
01 - SUBSOLO 1:	504,16 m²
02 - SUBSOLO 2:	504,16 m²
02 - TÉRREO:	504,16 m²
03 - SUPERIOR 1:	504,16 m²
03 - SUPERIOR 2:	50,96 m²
03 - SUPERIOR 3:	42,26 m²
TOTAL:	2.109,86 m²
ETAPA 03	
TERRENO:	242,66 m²
NÍVEIS:	
01 - SUBSOLO 1:	121,40 m²
02 - SUBSOLO 2:	219,38 m²
02 - TÉRREO:	121,40 m²
03 - SUPERIOR 1:	142,02 m²
03 - SUPERIOR 2:	0 m²
03 - SUPERIOR 3:	604,22 m²
TOTAL:	604,22 m²
TOTAIS	
TERRENO:	4029,81 m²
NÍVEIS:	
01 - SUBSOLO 1:	2.769,54 m²
02 - SUBSOLO 2:	723,54 m²
02 - TÉRREO:	2.728,42 m²
03 - SUPERIOR 1:	2.331,25 m²
03 - SUPERIOR 2:	50,96 m²
03 - SUPERIOR 3:	42,26 m²
TOTAL:	8.645,97 m²

Fonte: Shopping Boulevard Garden Araxá (2017).

3.2.3 Proporção de área ocupada

O método requer a proporção entre a área construída bruta destinada à atividade do local estudado e a área construída bruta total. A área bruta ocupada é de 6.153 m², que, no sistema imperial resulta no valor de 66.230,34 pés quadrados. Dividindo-se esse valor por 93.064,45, que é área construída bruta em pés quadrados, tem-se para proporção requerida o valor de 0,71.

3.2.4 Viagens motorizadas em horário de pico

A seguir deve-se inserir taxas de viagens em horários de pico geradas pelo ITE nos períodos de pico da manhã e da tarde. Para o código de uso do solo pesquisado neste trabalho (820), o método *Smart Growth Trip Generation* calcula apenas o número viagens no período de pico da tarde, portanto, a linha referente ao período de pico da manhã é deixada em branco.

Com uso do programa computacional do ITE, o *Trip Generation* (ITE, 2006), foi gerado o número de viagens em horário de pico considerando o polo gerador como *Shopping Center*, que resultou em 248 viagens totais, entradas mais saídas, para o período de pico da tarde (4-6 PM Peak Hour Total), conforme Figura 12.

Figura 12 – Viagens geradas pelo Shopping Boulevard Garden Araxá

Summary of Trip Generation Calculation
For 66,230 T.G.L.A. of Shopping Center
junho 19, 2017

	Average Rate	Standard Deviation	Adjustment Factor	Driveway Volume
Avg. Weekday 2-Way Volume	42,94	21,38	1,00	2844
7-9 AM Peak Hour Enter	0,63	0,00	1,00	42
7-9 AM Peak Hour Exit	0,40	0,00	1,00	26
7-9 AM Peak Hour Total	1,03	1,40	1,00	68
4-6 PM Peak Hour Enter	1,80	0,00	1,00	119
4-6 PM Peak Hour Exit	1,95	0,00	1,00	129
4-6 PM Peak Hour Total	3,75	2,75	1,00	248
Saturday 2-Way Volume	49,97	22,62	1,00	3310
Saturday Peak Hour Enter	2,58	0,00	1,00	171
Saturday Peak Hour Exit	2,39	0,00	1,00	158
Saturday Peak Hour Total	4,97	3,11	1,00	329

Note: A zero indicates no data available.
Source: Institute of Transportation Engineers
Trip Generation, 7th Edition, 2003.

TRIP GENERATION BY MICROTRANS

Fonte: Trip Generation (2006).

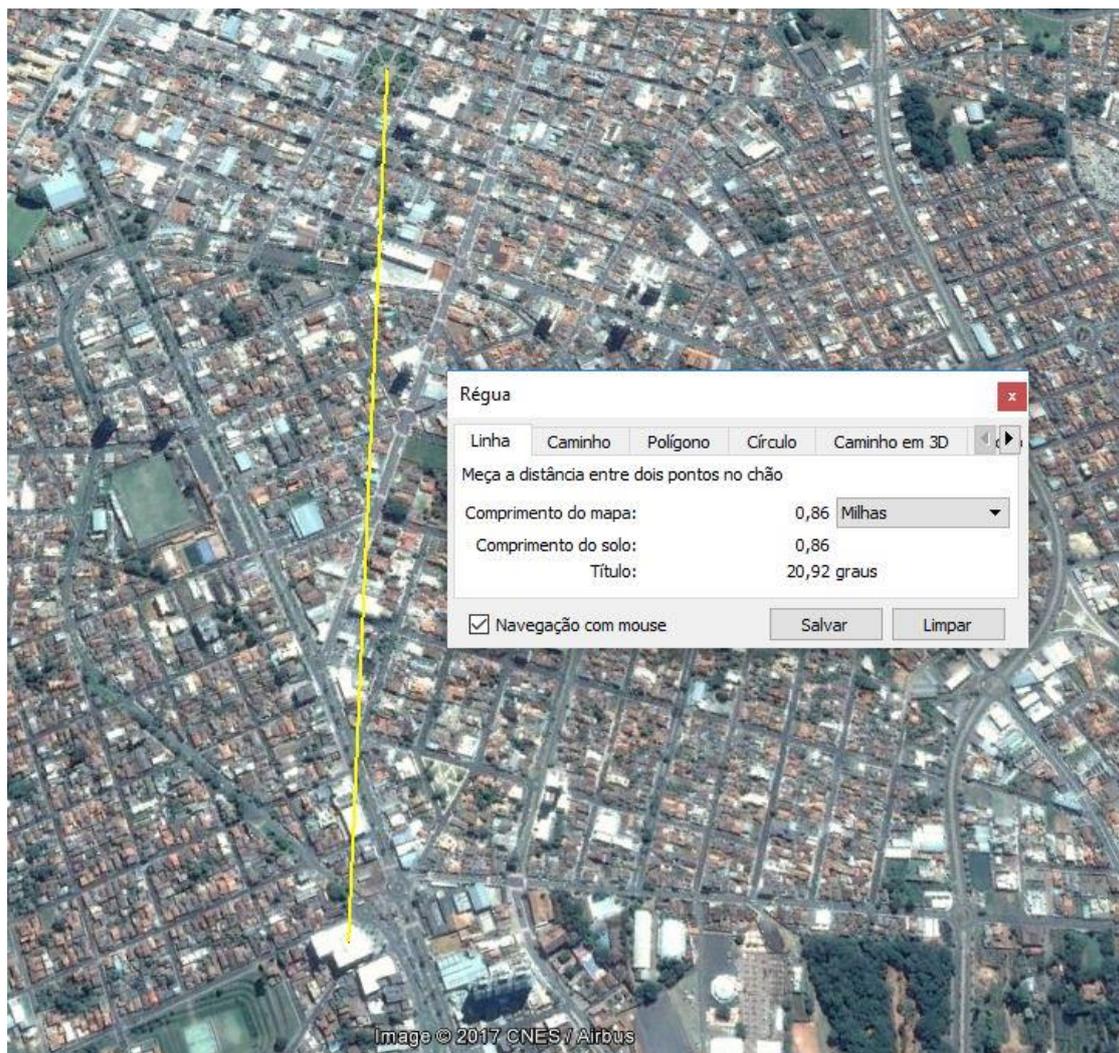
3.3 Entrada de dados

O *Smart Growth Trip Generation* requer ainda a alimentação dos dados a seguir para realização do cálculo final.

3.3.1 Distância em linha reta do centro

Pede-se a distância em linha reta entre o local estudado e o centro da cidade. Com ajuda do Google Earth verificou-se que esta distância é de 0,86 milha, como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Distância entre o local estudado e o centro

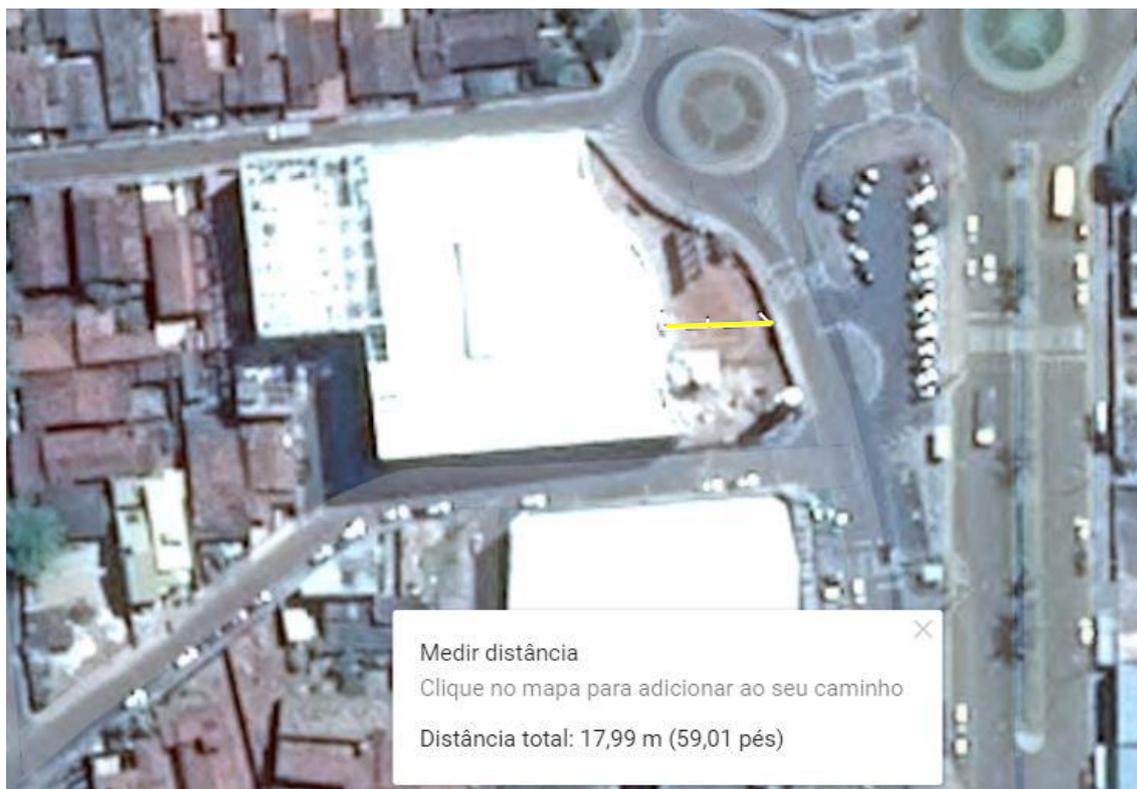


Fonte: Google Earth (2017).

3.3.2 Recuo do prédio

Ainda com ajuda do Google Earth mediu-se o recuo da edificação em relação à calçada, como observado na Figura 14. O resultado encontrado foi de 18 m, o que equivale a 59 pés.

Figura 14 – Recuo pela calçada



Fonte: Google Earth (2017).

3.3.3 Presença de parquímetros

O terceiro parâmetro pedido nessa etapa é a presença ou não de estacionamentos pagos nas ruas dentro de uma área de raio 0,1 milha a partir do centro do local estudado. Esse parâmetro se refere apenas ao pagamento para vagas nas ruas, ou seja, a presença de parquímetros. Em Araxá só existe tal sistema no centro da cidade, portanto, foi inserido o número 0, referente a “não”.

3.3.4 Proporção de área de estacionamento

Deve-se informar a proporção da área superficial coberta por estacionamentos. Esta proporção não inclui área de superfície coberta por estruturas de estacionamento. O Shopping Boulevard Garden Araxá possui dois níveis subterrâneos de estacionamento com 132 vagas no total que, portanto, não entram no cálculo dessa proporção. Na parte externa há dois estacionamentos com 14 e 25 vagas, respectivamente. Com auxílio do Google Earth foram medidas as áreas de superfície do estacionamento e do *shopping* como ilustrado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Área superficial predial



Fonte: Google Earth (2017).

Figura 16 – Áreas superficiais dos estacionamentos externos



Fonte: Google Earth (2017).

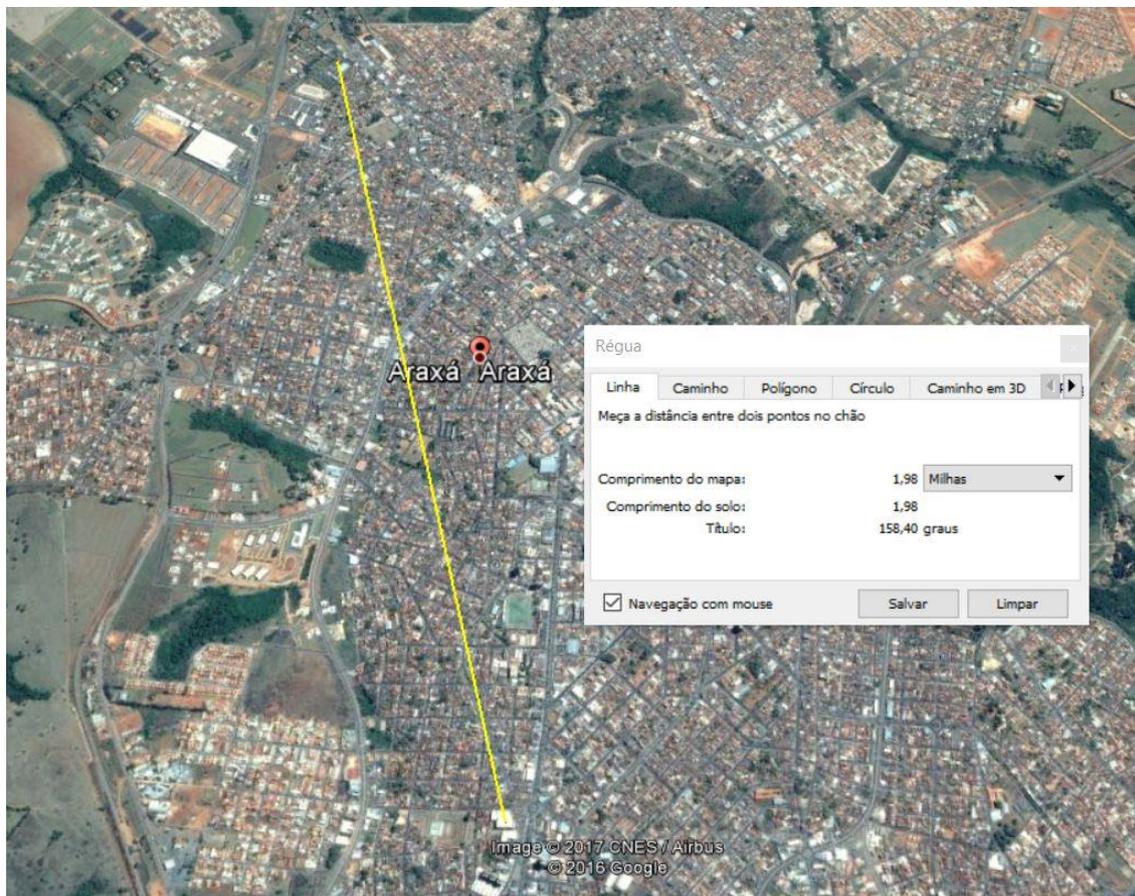
Os valores encontrados foram de 637,84 m² e 309,96 m² para os estacionamentos, totalizando 947,8 m², e 3.178,14 m² para o prédio. Assim chegou-se a proporção de 0,30.

3.3.5 Distância de câmpus universitário

É necessário indicar se existe câmpus universitário a uma distância em linha reta de até uma milha do centro do local estudado. A única universidade de Araxá é o Centro

Universitário do Planalto de Araxá – Uniaraxá, situada na Avenida Ministro Olavo Drumond. Utilizando o Google Earth pode-se observar que a distância medida é de 1,98 milha, como pode ser visto na Figura 17, portanto, foi atribuído o valor 0 referente a “não”.

Figura 17 – Distância entre o local estudado e campus universitário



Fonte: Google Earth (2017).

Na Figura 18 é apresentada a planilha de aplicação do modelo completamente preenchida, bem como os resultados.

Figura 18 – Tabela de aplicação do modelo preenchida

Site Characteristics & ITE-Estimated Trips		
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá	
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula	
City	Araxá	
ITE Land Use Code	820	
Dwelling Units (Residential) ¹	-	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	93064	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	0,71	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴		
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	248	
Model Inputs		
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius	7291
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius	4900
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵	0,86
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁵	59
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no)	0
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius	33
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius	0
	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸	0,30
General LU	Study land use is an office (1=yes, 0=no)	0
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)	0
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no)	0
Model Outputs ¹⁰		
Smart Growth Factor	-0,58	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	0,67	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	166	

Fonte: Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

4 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Após a inserção de todos os dados requeridos pelo método, a planilha de aplicação gera os resultados, como pode ser observado na parte inferior da Figura 18, *Model Outputs*. Pode-se verificar nessa parte o fator de proporcionalidade chamado Fator de Crescimento Inteligente (*Smart Growth Factor*), os fatores de ajuste de número de viagens em horário de pico calculados pelo *ITE Trip Generation*, e o resultado final de número de viagens em horário de pico da tarde do modelo *Smart Growth Trip Generation*.

Para chegar ao resultado final foi desenvolvida uma abordagem em duas etapas pela Universidade da Califórnia. Na primeira fase, o fator de crescimento inteligente, *Smart Growth Factor*, é calculado como uma função de oito características do local e do contexto que ele está inserido, conforme Tabela 5. Na segunda etapa, o fator de crescimento

inteligente calculado, variáveis sobre o uso do solo e uma variável sobre a proximidade de um câmpus universitário, conforme Tabela 6, são conectadas a uma equação de regressão linear para estimar um fator de ajuste. Multiplicando este fator de ajuste pelo número de viagens em horário de pico calculado pelo ITE *Trip Generation*, tem-se o número de viagens em horário de pico da tarde dado pelo *Smart Growth Trip Generation*.

Tabela 5 – Variáveis para cálculo do fator de crescimento inteligente

População residencial dentro de uma área de raio 0,5 milha
Empregos dentro de uma área de raio 0,5 milha
Distância em linha reta ao centro da principal área comercial central
Recuo do prédio
Presença de parquímetro dentro de uma área de raio 0,1 milha
Quantidade de paradas de ônibus dentro de uma área de 0,25 milha
Quantidade de paradas de trens dentro de uma área de 0,5 milha
Proporção de área superficial coberta por estacionamento

Fonte: University of California (2013).

Tabela 6 – Variáveis para cálculo do fator de ajuste

Fator de crescimento inteligente
Uso do solo: escritório (sim ou não)
Uso de solo: café ou lanchonete (sim ou não)
Diversidade de uso do solo (sim ou não)
Distância mínima de uma milha de câmpus universitário (sim ou não)

Fonte: University of California (2013).

Como resultado para o polo gerador estudado neste trabalho foram encontrados os seguintes valores:

- Fator de crescimento inteligente: – 0,58
- Fator de ajuste: 0,67
- Número de viagens em horário de pico da tarde: 166

Ou seja, $0,67 \cdot 248 = 166$.

Como ilustrado na Figura 12, o *software Trip Generation* do ITE gerou os seguintes resultados para o polo gerador utilizado neste trabalho:

- Horário de pico da manhã: 68 viagens
- Horário de pico da tarde: 248 viagens
- Horário de pico no sábado: 329 viagens

Nota-se que o programa *Trip Generation*, diferentemente do *Smart Growth*, gera volumes para o período de pico da manhã (7-9 AM). Na Figura 12 podem ser verificados os resultados obtidos do programa. Foi verificada também uma outra opção do *Trip Generation*, a opção *Equations*, que gerou um número muito maior de viagens para o período de pico da tarde, de 477 viagens totais, como mostrado na Figura 19. Porém, como é sabido que as taxas resultantes do *Trip Generation* superestimam o número de viagens, a opção *Equations* não foi considerada.

Figura 19 – Viagens geradas pelo polo gerador segundo a opção *Equations* do *Trip Generation*

	Average Rate	Standard Deviation	Adjustment Factor	Driveway Volume
Avg. Weekday 2-Way Volume	78,45	0,00	1,00	5195
7-9 AM Peak Hour Enter	1,13	0,00	1,00	75
7-9 AM Peak Hour Exit	0,72	0,00	1,00	48
7-9 AM Peak Hour Total	1,85	0,00	1,00	122
4-6 PM Peak Hour Enter	3,46	0,00	1,00	229
4-6 PM Peak Hour Exit	3,74	0,00	1,00	248
4-6 PM Peak Hour Total	7,20	0,00	1,00	477
Saturday 2-Way Volume	107,61	0,00	1,00	7127
Saturday Peak Hour Enter	5,20	0,00	1,00	344
Saturday Peak Hour Exit	4,80	0,00	1,00	318
Saturday Peak Hour Total	10,00	0,00	1,00	662

Note: A zero indicates no data available.
The above rates were calculated from these equations:

24-Hr. 2-Way Volume:	$LN(T) = .65LN(X) + 5.83, R^2 = 0,78$
7-9 AM Peak Hr. Total:	$LN(T) = .6LN(X) + 2.29$
	$R^2 = 0,52, 0,61$ Enter, 0,39 Exit
4-6 PM Peak Hr. Total:	$LN(T) = .66LN(X) + 3.4$
	$R^2 = 0,81, 0,48$ Enter, 0,52 Exit
AM Gen Pk Hr. Total:	0
	$R^2 = 0, 0$ Enter, 0 Exit
PM Gen Pk Hr. Total:	0
	$R^2 = 0, 0$ Enter, 0 Exit
Sat. 2-Way Volume:	$LN(T) = .63LN(X) + 6.23, R^2 = 0,82$
Sat. Pk Hr. Total:	$LN(T) = .65LN(X) + 3.77$
	$R^2 = 0,84, 0,52$ Enter, 0,48 Exit
Sun. 2-Way Volume:	$T = 15.63(X) + 4214.46, R^2 = 0,52$
Sun. Pk Hr. Total:	0
	$R^2 = 0, 0$ Enter, 0 Exit

Source: Institute of Transportation Engineers
Trip Generation, 7th Edition, 2003.

TRIP GENERATION BY MICROTRANS

Fonte: Trip Generation (2006).

Como citado, o método do *Smart Growth* só calcula, para *shopping centers*, viagens para o horário de pico da tarde, portanto, o valor adotado para cálculos e comparação foi de 248 viagens.

Portanto, houve uma redução de 33%, de 248 para 166, no número de viagens quando comparado ao estimado pelo método do ITE. O resultado mostra-se coerente para o polo gerador escolhido no estudo, visto que se trata de um *shopping center* de pequeno porte.

Foram simuladas no Smart Growth Trip Generation diferentes entradas de dados para verificar se poderia ocorrer ainda mais redução no número de viagens em horário de pico geradas pelo polo. As maiores diferenças foram encontradas quando o número de paradas de ônibus, a presença de parquímetros, e a proporção de área de estacionamento foram alterados.

Com a alteração de somente a presença de parquímetros na região do polo gerador, obteve-se o número de 157 viagens, ou seja, uma redução ainda maior, de 37%. Na Figura 20 é mostrada a simulação do resultado.

Figura 20 – Simulação de resultado alterando a variável “Presença de parquímetro”

Site Characteristics & ITE-Estimated Trips		
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá	
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula	
City	Araxá	
ITE Land Use Code	820	
Dwelling Units (Residential) ¹	-	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	93064	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	0,71	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴		
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	248	
Model Inputs		
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius	7291
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius	4900
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵	0,86
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁶	59
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ⁷	1
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius	33
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius	0
	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸	0,30
General LU	Study land use is an office (1=yes, 0=no)	0
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)	0
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no) ⁹	0
Model Outputs ¹⁰		
Smart Growth Factor	-0,21	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	0,63	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	157	

Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

A alteração do número de paradas de ônibus tem menor impacto. Quando a quantidade de paradas informada é de 66, o número de viagens cai para 162, uma redução de 34% em relação ao resultado gerado pelo ITE Trip Generation. Visto que para esta redução deve-se dobrar o número de paradas na região do *shopping*, a alteração não parece viável. Na Figura 21 é mostrada a simulação.

Figura 21 – Simulação de resultado alterando a variável “Paradas de ônibus”

Site Characteristics & ITE-Estimated Trips		
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá	
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula	
City	Araxá	
ITE Land Use Code	820	
Dwelling Units (Residential) ¹	-	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	93064	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	0,71	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴		
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	248	
Model Inputs		
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius	7291
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius	4900
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵	0,86
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁶	59
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ⁷	0
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius	66
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius	0
	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸	0,30
General LU	Study land use is an office (1=yes, 0=no)	0
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)	0
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no) ⁹	0
Model Outputs ¹⁰		
Smart Growth Factor	-0,44	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	0,65	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	162	

Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

A alteração na proporção de área superficial coberta por estacionamento também tem menor impacto se comparada à variável “Presença de parquímetros”. Alterando o valor da proporção de 0,30 para 0, o número de viagens cai para 161, o que corresponde a uma redução de 35%. Na figura 22 pode ser observado o resultado dessa simulação.

Figura 22– Simulação de resultado alterando a variável “Proporção de área de estacionamento”

Site Characteristics & ITE-Estimated Trips		
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá	
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula	
City	Araxá	
ITE Land Use Code	820	
Dwelling Units (Residential) ¹	-	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	93064	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	0,71	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴		
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	248	
Model Inputs		
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius	7291
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius	4900
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵	0,86
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁶	59
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ⁷	0
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius	33
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius	0
	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸	0,00
General LU	Study land use is an office (1=yes, 0=no)	0
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)	0
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no) ⁹	0
Model Outputs ¹⁰		
Smart Growth Factor	-0,39	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	0,65	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	161	

Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

Ao alterar as três variáveis: o número de paradas de ônibus, a presença de parquímetros, e a proporção de área de estacionamento foram obtidas 149 viagens veiculares no horário de pico da tarde, 99 a menos do que o número calculado pelo ITE *Trip Generation* de 248. Pode-se observar o resultado na Figura 23.

Figura 23 – Simulação de resultado alterando as variáveis “Presença de parquímetro”, “Paradas de ônibus” e “Proporção de área de estacionamento”

Site Characteristics & ITE-Estimated Trips		
Name	Shopping Boulevard Garden Araxá	
Address	Av. Prefeito Aracely de Paula	
City	Araxá	
ITE Land Use Code	820	
Dwelling Units (Residential) ¹	-	
Gross Square Feet (Retail, Office) ²	93064	
Proportion Occupied (0.00 to 1.00) ³	0,71	
ITE-Estimated AM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴		
ITE-Estimated PM Peak-Hour Vehicle-Trips (from ITE Trip Generation Manual) ⁴	248	
Model Inputs		
Smart Growth Factor	Residential population within a 0.5-mile, straight-line radius	7291
	Jobs within a 0.5-mile, straight-line radius	4900
	Straight-line distance to center of central business district (CBD) (miles) ⁵	0,86
	Average building setback distance from sidewalk (feet) ⁶	59
	Metered on-street parking within a 0.1-mile, straight-line radius (1=yes, 0=no) ⁷	1
	Individual PM peak-hour bus line stops within a 0.25-mile, straight-line radius	66
	Individual PM peak-hour train line stops within a 0.5-mile, straight-line radius	0
General LU	Proportion of site area covered by surface parking lots (0.00 to 1.00) ⁸	0,00
	Study land use is an office (1=yes, 0=no)	0
	Study land use is a coffee/donut shop (1=yes, 0=no)	0
	Site is within 1 mile (straight-line distance) of a college campus (1=yes, 0=no) ⁹	0
Model Outputs ¹⁰		
Smart Growth Factor	0,13	
Actual/ITE-Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Actual/ITE-Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	0,60	
Estimated AM Peak Hour Vehicle Trips		
Estimated PM Peak Hour Vehicle Trips	149	

Fonte: Adaptado de Smart Growth Trip Generation (2017).

Nota-se, nesta última simulação, que o *Smart Growth Factor* resultou em um valor positivo, + 0,13, indicando que a redução para 149 no número de viagens geradas para o período de pico da tarde é acompanhada pelo aumento no fator. Os resultados das simulações estão resumidos na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados das Simulações

Simulação	Fator de crescimento inteligente	Fator de ajuste	Número de viagens em horário de pico da tarde	Percentual de redução em relação ao ITE Trip Generation
Sem alteração	- 0,58	0,67	166	33%
Alteração da variável “Paradas de ônibus”	- 0,44	0,65	162	34%
Alteração da variável “Proporção de área de estacionamento”	- 0,39	0,65	161	35%
Alteração da variável “Presença de parqueímetro”	- 0,21	0,63	157	37%
Alteração das variáveis “Paradas de ônibus”, “Presença de parqueímetro” e “Proporção de área de estacionamento”	+ 0,13	0,60	149	40%

Fonte: O autor (2017).

Nota-se que as variáveis que sozinhas mais alteram o número de viagens, que são “Proporção de área de estacionamento” e “Presença de parqueímetro”, são as que estão diretamente relacionadas ao uso de automóveis particulares reforçando que a troca destes por meios alternativos e mais sustentáveis de transporte é essencial para a redução do número de viagens geradas por um polo. Pode-se observar também que o Fator de Crescimento Inteligente aumenta à medida que o número de viagens diminui.

CONCLUSÃO

O cerne deste trabalho de conclusão de curso foi a utilização do método de cálculo de geração de viagem por um polo gerador desenvolvido pela Universidade da Califórnia denominado *Smart Growth Trip Generation*, que leva em consideração viagens sustentáveis como por exemplo transporte coletivo e bicicleta, e compará-lo com o método convencional desenvolvido pelo ITE.

Por meio de coleta de dados com ferramentas computacionais, *internet* e pesquisa de campo, foi possível alimentar a ferramenta desenvolvida para aplicação do método e, assim, obter o resultado procurado, comparando-o com o gerado pelo ITE *Trip Generation*.

Levando em consideração os resultados obtidos nota-se que o método do ITE realmente superestima o número de viagens em áreas mais desenvolvidas e com presença de transporte coletivo e infraestrutura para caminhada e ciclismo. Comparando os dois métodos em questão houve uma diminuição de 82 viagens veiculares em horário de pico, o que representa 33% de redução.

Ao analisar os resultados do *Smart Growth Trip Generation* observa-se que é possível diminuir ainda mais o número de viagens veiculares por meio de ações como, por exemplo, implantação de mais paradas de ônibus e de parquímetros no entorno do polo gerador. Ou seja, é possível gerar viagens sustentáveis com aumento da oferta de modalidades de transportes ditas ativas, como o transporte coletivo, e com efetivo controle da oferta, como a cobrança nos estacionamentos para veículos particulares, pois tais veículos geram congestionamentos e provocam mais poluição.

REFERÊNCIAS

CERVERO, R. Commuting in transit versus automobile neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, 1995.

CERVERO, R. Travel Demand and the 3 Ds: Density, Diversity, and Design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1997.

EWING, R. Traffic generated by mixed-use developments, A six-region study using consistent built environmental measures. 87th Meeting of the Transportation Research Board, 2008.

FEHR & PEERS TRANSPORTATION CONSULTANTS. Smart growth parking requirements and strategy review (2009). Disponível em: <<http://www.fehrandpeers.com>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

GOOGLE EARTH. Version Pro. Estados Unidos: Google, 2004.

GOOGLE MAPS. Presença de calçadas nas adjacências do shopping. Disponível em: <<https://www.google.com.br>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

GRANT, J. Mixed use in theory and practice. *APA Journal* (2002). Disponível em: <<http://www.educate-sustainability.eu>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

HANDY, S. Understanding the link between urban form and nonwork travel behavior. *Journal of Planning Education and Research*, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Síntese de indicadores sociais, uma análise das condições de vida da população brasileira. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

ITE – INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. Trip generation, Version 5. Seattle: Microtrans, 2006.

KIMLEY HORN & ASSOCIATES. Trip generation rates for urban infill land uses in California (Phase 2) (2009). Disponível em: <<http://www.dot.ca.gov>>. Acesso em: 02 abr. 2017

LITMAN, T. Where we want to be: Home location preferences and their implications for Smart Growth. Victoria Transport Institute, Victoria, Canada: 2009.

LITMAN, T. Introduction to Multi-Modal Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute. Victoria, Canada: 2008.

METROPOLITAN TRANSPORTATION COMMISSION. Developing regional objectives and performance measures to improve system operations (2009). Disponível em: <<http://ops.fhwa.dot.gov>>. Acesso em: 17 fev. 2017.

SHOPPING BOULEVARD GARDEN ARAXÁ. Ficha técnica do Shopping Boulevard Garden Araxá. Disponível em: <<http://www.skyscrapercity.com>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

SMART GROWTH NETWORK. What is Smart Growth? Environmental Protection Agency. Disponível em: <<http://smartgrowth.org>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. California Smart-Growth Trip Generation Rates Study. Disponível em: <<http://ultrans.its.ucdavis.edu/projects/smart-growth-trip-generation>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

VERA CRUZ TRANSPORTE E TURISMO LTDA. Horários, itinerários e integrações. Disponível em: <<http://www.veracruztransporte.com.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

WALTERS, J. Powerpoint to the SB375 Regional Targets Advisory Committee (2009). Disponível em: <<https://www.arb.ca.gov>>. Acesso em: 3 maio 2017.

FOLHA DE ASSINATURAS

Discente: João Paulo Bernardes

Orientador: Prof. Dr. José Aparecido Serratini

Uberlândia, julho de 2017.