Modelos de Geração de Viagens para Belo Horizonte

Leise Kelli de Oliveira

Celio Freitas Bouzada

Nebai Tavares Gontijo

Rogério Carvalho Silva

Marco Antonio Silveira

Eduardo Borges da Silva

Odirley Rocha dos Santos

Tacio Francisco Porto Lemos

Luciana Carneiro de Morais Stubbs

PREFEITURA BELO HORIZONTE

BHTRANS

versão 2016.11.28

Prefeitura de Belo Horizonte
Marcio de Araújo Lacerda

Secretaria Municipal de Serviços Urbanos – Interina
Branca Macahubas Cheib

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
Ramon Victor Cesar

Diretoria de Planejamento – DPL
Célio Freitas Bouzada

Diretoria de Sistema Viário - DSV
Célio Freitas Bouzada

Diretor de Transporte Público - DTP
Daniel Marx Couto

Diretoria de Ação Regional e Operacional - DRO
Deusuíte Matos

Diretoria de Finanças e Controle - DFC
Nourival de Souza Resende Filho

Diretoria de Administração e Recursos Humanos – DAD
Ben Hur Albergaria

COORDENAÇÃO

Leise Kelli de Oliveira - UFMG

EQUIPE TÉCNICA BHTRANS:

Célio Freitas Bouzada
Marco Antônio Silveira
Tácio Francisco Porto Lemos
Luciana Carneiro de Morais Stubbs
Nebai Tavares Gontijo
Rogério Carvalho Silva
Eduardo Borges da Silva
Odirley Rocha dos Santos

COLABORADORES:

Ana Luisa Miranda Kilimnik - GEDIV
Anassilvia Sousa - GEDIV
Cláudia Márcia de Fátima Ramos - GEDIV
Cristina Angélica Moreira de Lacerda Pena - GEDIV
Fabrícia Pinho Brito-GEDIV
Fernando Fortes de Abreu -GEDIV
Gláucia Catalán de Freitas Duarte - GEDIV
Maristela dos Reis Solano - GEDIV
Sayonara Lopes de Souza - GEDIV
Sueli Prado Cordeiro - GEDIV
Renato Franco da Cunha - GEDIV
Sandra Margareth Pereira Coelho de Araújo - GEDIV
Éden Mendonça Duarte - GEDIV
Patrícia Maria Silva Moreira - SDEP

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Gerência de Pesquisa, Informação e Inovação (GEPIN) da BHTRANS pelo empenho na realização das pesquisas de campo e tabulação dos dados para a realização deste estudo.

Agradecemos a Gerência de Apoio Operacional (GEAOP) da BHTRANS pela realização das pesquisas noturnas.

Agradecemos a Gerência de Diretrizes Viárias (GEDIV), Gerência de Planejamento da Mobilidade (GEMOB), Superintendência do Escritório de Projetos (SESP) e Assessoria da Diretoria de Planejamento (DPL) pela disponibilização dos membros da equipe interna da BHTRANS para o Projeto EMPREENDER PRÓ-BH.

Agradecemos a todos os colaboradores da BHTRANS que participaram das pesquisas internas para definição dos parâmetros utilizados neste estudo.

Agradecemos a Bruna Calazans, Gustavo Dias Macedo e Julianara Porto pela participação voluntária no desenvolvimento do projeto. Ainda, agradecemos a Renata Lúcia Magalhães de Oliveira (CEFET-MG) pelas importantes contribuições no desenvolvimento final deste estudo.

Agradecemos também aos empreendedores que forneceram informações e colaboraram com as pesquisas que resultaram neste estudo.

‘’**MUDAR O MUNDO** é um trabalho que JAMAIS TERMINA. Nesse sentido, é menos um trabalho e mais **um estado de espírito**:
ATENTO A COMO AS COISAS SÃO, dispostos a dividir **responsabilidades** por elas e determinadas a não tornar o desespero convincente, mas sim a tornar **A ESPERANÇA UMA POSSIBILIDADE**’’. (John-Paul Flintoff)

PREFÁCIO

A gestão da mobilidade urbana é um dos maiores desafios enfrentados pelas grandes cidades em todo o mundo, e não é diferente em Belo Horizonte. Congestionamentos de tráfego acompanham a par e passo o crescimento rápido e desordenado das cidades e do número de veículos, não só no espaço, mas também no tempo, não se limitando mais a horários de pico. A proliferação descontrolada dos polos geradores de tráfego é uma das causas de congestionamentos.

A BHTRANS participa dos processos de licenciamento ambiental e licenciamento urbanístico de empreendimentos no município de Belo Horizonte, encarregando-se da indicação de medidas corretivas e mitigadoras que visam minimizar a possível sobrecarga da infraestrutura de transporte e trânsito ou a significativa repercussão ambiental, devido ao acréscimo de viagens.

O documento que ora se apresenta é um dos produtos previstos no projeto estratégico "Empreender Pró-BH", estruturado pela BHTRANS para aprimorar os métodos e processos de licenciamento de polos geradores de tráfego, com o objetivo estratégico de tornar a mobilidade urbana um fator positivo para o ambiente de negócios da Cidade. Trata-se de um trabalho criterioso de desenvolvimento de modelos de geração de viagens, específicos para Belo Horizonte, executado com competência e seriedade pela equipe liderada pela Prof. Leise Kelli de Oliveira, da EE/UFMG, e suprindo a necessidade identificada pela BHTRANS de conduzir de forma abrangente e multidisciplinar os procedimentos de análise e controle de impactos na circulação urbana.

Ramon Victor Cesar
Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte

Sumário

1 Introdução 1
2 Caracterização de polos geradores de viagem 2
2.1 Conceituação de Polo Gerador de Viagem 2
2.2 Classificação de PGV em Belo Horizonte 3
2.3 Impactos 5
2.4 Medidas Mitigadoras 6
3 Metodologia para determinação do modelo de geração de viagens 8
4 Casas Noturnas 10
4.1 Modelo de Geração de Viagens para Casas Noturnas 11
5 Condomínios Residenciais 14
5.1 Modelo de Geração de Viagens para Condomínios Residenciais 17
6 Estabelecimentos de Ensino 20
6.1 Modelo de Geração de Viagens: escolas de ensino fundamental e médio 23
6.2 Modelo de Geração de Viagens: institutos de ensino superior 25
7 Hospitais 28
7.1 Modelo de Geração de Viagens: Hospitais 29
8 *Shopping Center* 33
8.1 Modelo de Geração de Viagens: *Shopping Centers* 34
9 Supermercados 37
9.1 Modelo de Geração de Viagens: Supermercados 40
10 Impacto no Sistema de Transporte e Medida Mitigadora 43
10.1 Exemplo de Aplicação da Metodologia 47
Referências Bibliográficas 49

1 INTRODUÇÃO

Os polos geradores de viagens são empreendimentos que causam impactos na infraestrutura viária. Conhecer o padrão de geração de viagens destes empreendimentos é vital para o planejamento de transporte. Neste contexto, este documento apresenta os primeiros resultados de um estudo desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais em parceria com a Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte. Buscou-se conhecer o padrão de viagens por automóveis dos principais empreendimentos licenciados, justificados pelo fato de que, no período entre 1998 e 2016, 1.036 estabelecimentos foram licenciados em Belo Horizonte por meio da análise do tráfego, sendo que 31,27% correspondem às categorias analisadas neste estudo.

Assim, este documento apresenta modelos de geração de viagens para sete categorias de empreendimentos (casas noturnas, condomínios residenciais, escolas de ensino fundamental e médio, hospitais, instituições de ensino superior, shopping centers e supermercados) em Belo Horizonte. Contagens classificadas volumétricas de veículos, entrevistas e dados de controle de acesso foram utilizados para identificar as características dos empreendimentos e desenvolver os modelos. Esses novos modelos apresentaram boa correlação entre as variáveis utilizadas e significância estatística, assim como a validação indicou uma boa aproximação com os dados coletados em campo. A comparação com os modelos da literatura nacional indicou que investigar e desenvolver estudos para uma cidade é importante quando há necessidade de utilizá-los para determinação de medidas mitigadoras na implantação dos empreendimentos de impacto. Neste contexto, os modelos locais são mais precisos e tendem a produzir menores erros na projeção, permitindo uma avaliação mais confiável e adequada das medidas mitigadoras necessárias para o empreendimento.

Por fim, a principal contribuição deste estudo é apresentar modelos de geração de viagens locais, com o objetivo de contribuir para o planejamento urbano e operacional de transportes para a cidade de Belo Horizonte. Salienta-se que este estudo é um primeiro passo e que os modelos aqui apresentados serão aprimorados na medida em que novos dados sejam coletados para garantir maior acurácia e, consequentemente, produzirem melhores resultados para o planejamento de transporte de Belo Horizonte.

2 CARACTERIZAÇÃO DE POLOS GERADORES DE VIAGEM

São notórios os impactos relacionados aos grandes empreendimentos urbanos. Os primeiros estudos relacionados a tais empreendimentos, inicialmente denominados polos geradores de tráfego, procuravam avaliar os impactos no tráfego decorrentes do funcionamento do empreendimento. Porém, tais impactos tomaram dimensões mais amplas, e hoje contribuem com a alteração da própria estrutura espacial das cidades (Gonçalves *et al.*, 2012).

Neste contexto, este breve capítulo introdutório tem por objetivo apresentar a conceituação de polo gerador de viagens (PGV), a classificação de PGV em Belo Horizonte, os impactos e as medidas mitigadoras, considerando a literatura científica.

2.1 CONCEITUAÇÃO DE POLO GERADOR DE VIAGEM

Em geral, empreendimentos que geram um grande número de viagens são denominados de polos geradores de viagens. O Código de Trânsito Brasileiro denomina tais empreendimentos como polos atrativos de trânsito, destacando a necessidade de sua aprovação por órgão competente (Brasil, 2002).

Para a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP, 1983), PGVs são empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato, podendo prejudicar a acessibilidade de uma região ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres.

O Departamento Nacional de Trânsito (Denatran, 2001) classifica PGVs como empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em alguns casos, prejudicando a acessibilidade da região, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres.

Com um conceito mais amplo, Portugal e Goldner (2003) definem PGVs como locais ou instalações que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um número significativo de viagens.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE PGV EM BELO HORIZONTE

A Prefeitura de Belo Horizonte (Belo Horizonte, 1997) define empreendimentos de impacto como aqueles, públicos ou privados, que venham sobrecarregar a infraestrutura urbana ou ter repercussão ambiental significativa. Segundo Belo Horizonte (2010), os empreendimentos de impacto ficam sujeitos ao licenciamento ambiental ou licenciamento urbanístico, de acordo com os respectivos impactos. São passíveis de licenciamento ambiental os seguintes empreendimentos, dentre outros:

- Terminais rodoviários, ferroviários e aeroviários;
- Garagem de empresas de transporte de passageiros e de cargas;
- Loteamentos;
- Hospitais.

São passíveis de licenciamento urbanísticos os seguintes empreendimentos de impacto:

- Edifícios não residenciais com área de estacionamento maior que 10.000 m^2 ou com mais de 400 vagas de estacionamento;
- Edifícios destinados ao uso residencial que tenham mais de 300 unidades;
- Edifícios destinados ao uso misto com mais de 20.000 m^2;
- Edifícios destinados a serviço de uso coletivo com área maior que 6.000 m^2;
- Casas de show, independentemente da área utilizada;
- Centro de convenções, independentemente da área utilizada;
- Casa de festas e eventos com área utilizada superior a 360 m^2;
- Hipermercados com área utilizada igual ou superior a 5.000 m^2;
- Parcelamentos vinculados, provenientes de desmembramento, que originem lote com área superior a 10.000 m^2 ou quarteirão com dimensão superior a 200 metros;
- Intervenções em áreas urbanas consolidadas, compreendidas por modificações geométricas significativas de conjunto de vias de tráfego de veículos;
- Helipontos;
- Outros empreendimentos sujeitos a estudo de impacto de vizinhança (EIV) definidos por lei municipal.

Os empreendimentos acima listados estão sujeitos a estudo de impacto viário. O estudo para fins de licenciamento, realizado para empreendimento de impacto, deverá prever a revisão e a adequação do zoneamento da área impactada pela intervenção.

O Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 2002) determina os parâmetros devem ser analisados para dar a anuência à implantação de PGVs. Estes parâmetros estão relacionados à área construída, área de aproveitamento, acessos, recuos, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento do lote, espaço para estacionamento, vias internas de circulação e área para carga/descarga de mercadorias (Denatran, 2001).

Denatran (2001) ainda ressalta que os estudos iniciais de impactos de polos geradores de tráfego em Belo Horizonte antecedem a legislação local pertinente e surgiram do interesse de alguns empreendedores em viabilizar boas condições de acessibilidade para seus projetos. Denatran (2001) apresenta a Tabela 2.1, contendo os parâmetros adotados no município de Belo Horizonte, em relação ao número mínimo de vagas de estacionamento para empreendimentos.

Tabela 2.1 – Parâmetros adotados no município de Belo Horizonte, em 2001 (Denatran, 2001).

Categoria de uso	Classificação da vida	Tamanho das unidades	Número de vagas
Residência multifamiliar	Ligação regional/arterial		1 vaga por unidade
	Coletora/Local	$\leq 40\ m^2$	1 vaga por 3 unidades
		entre $40m^2$ e $60m^2$	2 vagas por 3 unidades
		$\geq 60m^2$	1 vaga por unidade
Não residencial	Ligação regional, arterial ou coletora		1 vaga para cada $50m^2$ de área líquida
	Local		1 vaga para cada $75m^2$ de área líquida

Os parâmetros apresentados na Tabela 2.1 foram alterados com a Lei Municipal n°9.959/2010 (Belo Horizonte, 2010), estabelecendo o número mínimo de vagas para veículos nos projetos de edificações, conforme apresentado na Tabela 2.2. Importante ressaltar que no caso de uso misto, o cálculo do número mínimo de vagas segue as regras da categoria de uso residencial multifamiliar para a parte residencial e, as regras de categoria de uso não residencial para a parte não residencial.

Tabela 2.2 – Parâmetros adotados no município de Belo Horizonte, a partir de 2010 (Belo Horizonte, 2010).

Categoria de uso	Classificação da via	Tamanho das unidades	Número de vagas
Residência multifamiliar	Ligação regional/arterial	$\leq 90m^2$	1 vaga por unidade
		$> 90\ m^2$	2 vagas por unidade
	Coletora/Local	$\leq 47m^2$	1 vaga por 3 unidades
		entre $47m^2$ e $60m^2$	2 vagas por 3 unidades
		entre $60m^2$ e $90m^2$	1 vaga por unidade
		$\geq 90m^2$	2 vagas por unidade
Não residencial	Ligação regional, arterial ou coletora	1 vaga para cada $50m^2$ de área líquida	Vagas adicionais: - 1 vaga para cada $300m^2$ de área líquida; - 1 vaga para cada $50m^2$ de espaços não cobertos essenciais ao exercício da atividade
	Local, classificada como VR	1 vaga para cada $150m^2$ de área líquida	Vagas adicionais: 1 vaga para cada $300m^2$ de área líquida
	Local classificada como VM ou VNR	1 vaga para cada $75m^2$ de área líquida	Vagas adicionais: 1 vaga para cada $450m^2$ de área líquida
Número mínimo de vagas para carga e descarga			
Não residencial		entre $1.500m^2$ e $3000m^2$	1 vaga
		$\geq 3000m^2$	1 vaga a cada $3000m^2$, desprezando-se as frações
Número mínimo de vagas para embarque e desembarque			
Escolas (maternais, infantil, de ensino fundamental e médio)		1 vaga para cada 450 m^2 de área líquida, desprezando-se as frações.	
Hotéis, apart-hotéis, policlínicas, hospitais, pronto socorros e maternidades		1 vaga	

2.3 IMPACTOS

Grandes empreendimentos e construções classificados como PGVs podem gerar impactos negativos ou positivos no meio em que eles estão instalados, alterando dessa forma a qualidade de vida da população que habita ou transita pelo local em questão. Tais impactos podem ser diretamente relacionados aos PGVs ou, indiretamente, por serem consequência do tráfego que ele atrai (Gonçalves *et al.*, 2012).

Os impactos diretos estão relacionados ao sistema viário e à circulação, implicando no aumento do fluxo de veículos, no tempo de viagem, conflitos no tráfego, estacionamento e aumento no número de acidentes. Os impactos indiretos derivam da alteração do ambiente urbano, redução da mobilidade e acessibilidade, além de impactos econômicos e ambientais. A Tabela 2.3 apresenta os impactos derivados da implantação de um PGV.

Tabela 2.3 – Impactos derivados da implantação de um PGV (Adaptado de Kneib, 2004).

Impactos	Descrição
Mobilidade	Aumento do fluxo de veículos e do tempo de viagem Demanda por transporte público Congestionamento Estacionamento Número de acidentes
Sócio-econômico	Alteração do valor do solo e dos imóveis Níveis de emprego e renda Fiscais Custo de viagens Uso de equipamentos urbanos e comunitários
Uso do Solo	Alteração no uso do solo e dos imóveis (atividades) Alteração na ocupação do solo e densidade populacional
Sócio-Ambiental	Paisagem urbana e patrimônio natural e cultural Ecossistemas Qualidade do ar Nível de ruído Vibrações Ventilação e iluminação

Para CET-SP (1983), os impactos podem ser divididos em dois grupos:

i) Reflexos negativos na circulação, quando a quantidade de veículos atraída pelo PGV é superior à capacidade das vias na sua área de influência, resultando em:
   a. Pontos de congestionamento;
   b. Interferência com o tráfego de passagem que se utiliza de acessos ao PGV, porém para outros destinos;
   c. Má acessibilidade ao próprio PGV, com dificuldades de acesso ao local e de manobras de entrada e saída;
   d. Aumento nos níveis de acidentes de tráfego.

ii) Reflexos no estacionamento, quando a ausência de espaço suficiente no PGV causa:
   a. Estacionamento em zonas residenciais, trazendo problemas à população residente na área;
   b. Estacionamento irregular, em desrespeito à sinalização existente;
   c. Dificuldades das operações de carga/descarga de mercadorias e de embarque/desembarque de passageiros.

2.4 MEDIDAS MITIGADORAS

Em relação às medidas mitigadoras dos impactos gerados por PGVs, Giustina e Cybis (2003) destacam as medidas focadas no controle do uso e da ocupação do solo e aquelas que visam minimizar os impactos no sistema de transporte.

As relacionadas ao primeiro grupo, englobam medidas de controle do crescimento urbano. As relacionadas ao segundo grupo, contemplam medidas de tráfego e medidas financeiras/econômicas, também denominadas compensatórias. As medidas relacionadas ao fluxo de veículos, para redução do congestionamento no local, estão relacionadas às melhorias na infraestrutura de acesso ao PGV, tais como melhorias em seu acesso (benfeitorias que facilitam a entrada e saída no local) e melhorias na circulação interna ao empreendimento (rampas, pontes e raios de curvas apropriados para garantir a conversão de grandes veículos) (Giustina; Cybis, 2003).

Segundo Giustina e Cybis (2003), a configuração adequada dos estacionamentos, no intuito de diminuir os pontos de conflito dentro do estabelecimento e de reduzir o número de veículos acumulados nos pontos de acesso, é usualmente adotada.

As medidas econômicas/financeiras englobam taxas de impacto (arrecadadas através dos investidores do PGV para cobrir custos decorrentes de mudanças no sistema viário), acordos para desenvolvimento negociado (cooperação no pagamento das obras), arrecadação/cobrança pelo impacto (pagamento de taxas e impostos como condição para obter liberação do órgão gestor), parcerias público-privadas para financiamento de melhorias na rede viária, e outras contribuições do setor privado, tais como doações (Giustina; Cybis, 2003).

No Brasil, o Departamento Nacional de Trânsito é responsável pela elaboração da Política Nacional de Trânsito e tem como diretriz a implantação de projetos de empreendimentos, em especial, aqueles considerados PGVs. O Manual de Procedimentos para o Tratamento de PGV (Denatran, 2001) tem como objetivo fornecer um conjunto de informações técnicas para a análise de impactos no sistema viário e para o processo de licenciamento para implantação de PGVs.

Segundo o Denatran (2001), as medidas mitigadoras são classificadas em dois grupos: internas e externas ao empreendimento. O primeiro grupo contempla as seguintes medidas:

i. Adequação dos acessos de veículos e pedestres;
ii. Aumento e redistribuição de vagas de estacionamento;
iii. Redimensionamento e redistribuição de áreas de carga e descarga e docas;
iv. Redimensionamento e mudanças de localização de áreas de embarque e desembarque de veículos privados;
v. Redimensionamento e mudanças de localização de pontos de táxis;
vi. Acumulação, aumento, redimensionamento e implantação de cancelas e guaritas;
vii. Adequação de acessos específicos para veículos de emergência e de serviços;
viii. Medidas para a garantia de acessibilidade aos portadores de deficiência física.

As medidas mitigadoras externas ao empreendimento consistem em (Denatran, 2001):

i. Elaboração e implantação de plano de circulação;
ii. Implantação de novas vias;
iii. Alargamento de vias existentes;
iv. Implantação de obras-de-arte especiais (viadutos, trincheiras, passarelas, etc.);
v. Implantação de alterações geométricas em vias públicas;
vi. Implantação de sinalização estatigráfica e semafórica;

vii. Tratamento viário para facilitar a circulação de pedestres, ciclistas e pessoas com mobilidade reduzida;
viii. Adequação dos serviços e/ou infraestrutura do transporte coletivo;
ix. Adequação dos serviços e/ou infraestrutura do transporte por táxi;
x. Medidas especiais para prevenção de acidentes de trânsito;
xi. Ações complementares de natureza operacional, educativa e de divulgação ou monitoramento do tráfego.

Denatran (2001) também define os parâmetros utilizados para o enquadramento de PGV, a responsabilidade do empreendedor pela elaboração de estudos de impacto e pela implantação de medidas mitigadoras, um roteiro básico para a elaboração de estudos de PGV e parâmetros para projetos. O roteiro Denatran (2001) inclui:

i) A caracterização do empreendimento e as informações gerais;
ii) A avaliação prévia dos impactos do PGV, com análise da circulação na área de influência, na situação sem o empreendimento, previsão da demanda futura de tráfego e avaliação de desempenho;
iii) Identificação dos impactos na circulação, na situação com o empreendimento, e revisão do projeto e da planta de situação do empreendimento, sob a ótica viária;
iv) Recomendações de medidas mitigadoras e compensatórias.

Os parâmetros para projetos de PGV estão relacionados a área construída, área de aproveitamento, acessos, recuos, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento do terreno, declividade e raios horizontais de rampas, espaços para estacionamento, vias internas de circulação e pátios para carga e descarga (Denatran, 2001).

3 METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO MODELO DE GERAÇÃO DE VIAGENS

Segundo Andrade e Portugal (2012a), dentre as metodologias disponíveis para estimativa das viagens geradas por PGV, aquela desenvolvida pelo *Institute of Transportation Engineering* (ITE, 2008) foi utilizada neste estudo e, também tem sido utilizada nas pesquisas acadêmicas nos países ibero-americanos. Os mesmos autores ressaltam a importância desta organização americana, citando a cidade de Bervely Hills (Califórnia), que limitou seu zoneamento após última publicação (ITE, 2010), definindo "que a intensidade do uso não deve exceder dezesseis (16) viagens de veículos por hora, ou 200 viagens de veículos por dia para cada 1.000 pés quadrados de área (92,903m^2)".

Ainda segundo Andrade e Portugal (2012a), no desenvolvimento dos modelos, devem-se incorporar na dimensão metodológica a abordagem e a forma de obtenção de dados, as variáveis explicativas, os elementos da amostra e a data da pesquisa. Para o desenvolvimento da pesquisa, deve-se:

- Considerar a natureza do modelo proposto (tipo e tamanho do PGV, situação geográfica, hora/dia que o modelo será calibrado);
- Escolher PGVs existentes que reúnam características similares às que se pretende modelar para a demanda de viagens. Com pelo menos três empreendimentos, é possível se chegar a uma taxa média de geração de viagens. Com cinco empreendimentos, é possível utilizar equações de regressão linear, mas o desejável é ter pelo menos 20 elementos na amostra;
- Coletar dados sobre PGVs;
- Verificar a correlação estatística entre o volume de viagens geradas estudadas.

Segundo Ferreira (2013), a rigor, qualquer amostra deve ser dimensionada seguindo os critérios definidos na teoria de amostragem. Na determinação do volume médio diário de um PGV, a estimativa a partir de contagens amostrais sempre incorrerá em erro. A questão é saber qual é o tamanho desse erro e o que se admite como tolerável. A Tabela 3.1 fornece uma orientação para o planejamento de contagens manuais e automáticas, atribuindo um nível de precisão a um erro admissível e a um período de contagem.

Tabela 3.1 – Nível de Precisão em Contagens Amostrais (Ferreira, 2013).

Nível de Precisão	90% de probabilidade do erro não ultrapassar	Interpretação da estimativa
A	5%	Excelente
B	5% a 10%	Satisfatória para todas as necessidades
C	10% a 25%	Suficiente
D	25% a 50%	Insatisfatória
E	Mais de 50%	Inútil

A regressão é o processo matemático pelo qual derivamos os parâmetros "a" e "b" de uma função f(X). Estes parâmetros determinam as características da função que relaciona 'Y' com 'X', que, no caso do modelo linear, se representa por uma reta chamada de reta de regressão. Esta reta explica, de forma geral e teoricamente, a relação entre X e Y. Isto significa que os valores observados de X e Y nem sempre serão iguais aos valores de X' e Y' estimados pela reta de regressão. Haverá sempre alguma diferença, e essa diferença significa:

- que as variações de Y não são perfeitamente explicadas pelas variações de X ou;
- que existem outras variáveis das quais Y depende ou;
- que os valores de X e Y são obtidos de uma amostra específica que apresenta distorções em relação à realidade.

Esta diferença, em Estatística, é chamada de erro ou desvio. O processo de regressão significa, portanto, que os pontos plotados no gráfico são definidos, modelados ou regredidos, a uma reta que corresponde à menor distância possível entre cada ponto plotado e a reta.

Para a validação das equações, podem ser utilizados dois parâmetros. O primeiro deles é o R^2, ou coeficiente de correlação, que indica se há relação entre as variáveis independentes presentes na equação e a variável dependente, no caso, o fluxo de veículos na hora pico. Quanto mais próximo de 1, melhor a equação explica a relação entre as variáveis independentes com a dependente. Para este estudo, considerou-se como um R^2 válido aqueles valores iguais ou superiores a 0,5. O R^2 foi utilizado para validar as equações obtidas por meio da combinação linear das variáveis independentes levantadas. Os demais testes que se seguem não foram exclusivos, e foram utilizados apenas para determinar a superioridade de uma equação em relação à outra, quando mais de uma equação foram validadas e os coeficientes de correlação foram próximos.

O teste-t determina a relevância da cada variável no resultado final, sendo utilizado o nível de confiança de 95%. Este teste é realizado para cada variável, em cada equação. O fato de uma variável não passar no teste indica que esta variável não é muito relevante para a determinação do fluxo, mas não invalida a equação como um todo. Para validação do teste-t, os valores devem ser maiores que 1,96.

4 CASAS NOTURNAS

Andrade (2005) afirma que casas noturnas (como escolas e condomínios residenciais) possui finalidade social diferente, promovendo atividades que acarretam um padrão de viagens também diferente. O mesmo autor também informa a necessidade de pesquisas específicas para estimativas da produção de viagens.

Em relação a casas noturnas, Maia *et al.* (2010) citam que na cidade de Recife (PE) existe uma portaria que regulamenta a análise especial para instalação de atividades de casas de show e similares, dentre outros empreendimentos, fazendo-se necessários a avaliação quanto ao impacto no sistema viário local.

Apesar da necessidade da análise do impacto do fluxo gerado por casas noturnas, bares e similares e, restaurantes no sistema viário e, esta análise ser necessária em várias cidades (por exemplo, Recife, São José dos Campos, Belo Horizonte, Guarulhos, João Pessoa), não foram encontrados na literatura, modelos de geração de viagens para este tipo de empreendimento. A Prefeitura de São José dos Campos (2011) cita que bares, restaurantes, casas de música, boates e cantinas causam conflito nas vias de acesso nos horários de pico da atividade para embarque/desembarque, estacionamento, ocupação do meio fio, estacionamento irregular, insegurança para pedestres, sobrecarga dos pontos de embarque/desembarque do transporte coletivo e insegurança na circulação de veículos. Para tanto, são itens obrigatórios nos projetos área para embarque/desembarque, carga e desembarque e estacionamento e, como medida mitigadora, sugere-se projeto de segurança para pedestres além dos limites do empreendimento.

Com temática similar, visto que casas noturnas ou bares que oferecem música ao vivo geram demanda em momentos específicos, Pinto *et al.* (2012) analisam os impactos de megaeventos no sistema de transporte. Segundo os autores, megaeventos são eventos de duração determinada e relativamente curta, com tamanho e amplitude considerável, que geram mudanças temporárias e/ou permanentes na dinâmica da cidade. Os autores classificam os megaeventos de acordo com o porte do evento, quantidade de pessoas, abrangência geográfica e quantidade de recursos (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Tamanho do evento (Pinto *et al.,* 2012).

Porte do evento	Quantidade de pessoas	Abrangência Geográfica	Quantidade de Recursos
Pequeno	Até 200	Local ou regional	US$ 10.000
Médio	Entre 200 e 500	Estadual ou nacional	US$ 100.000
Grande	De 500 ou mais	Estadual ou nacional	US$ 500.0000
Super eventos	Entre 10.000 e 100.000	Nacional ou Internacional	US$ 1.000.000
Megaevento	Acima de 100.000	Internacional	Milhões de dólares

Internacionalmente, ITE (2008) apresenta taxas para estabelecimentos comerciais sob o código "locais para beber" (*ITE land use 925 - drinking places*), que indica uma taxa de 11,3 veículos por 1000 pés quadrados de área. Clifton *et al.* (2015) realizaram uma pesquisa em 78 estabelecimentos de Portland (US) em 2011 e, estimaram modelos que foram ajustados e comparadas às taxas do ITE. Clifton *et al.* (2015) indicam uma taxa de 4,9 veículos por 1.000 pés quadrados de área.

4.1 Modelo de Geração de Viagens para Casas Noturnas

Para o desenvolvimento do estudo, foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características dos empreendimentos estão apresentadas na Tabela 4.2. O número de clientes que entraram no estabelecimento foi obtido através de contagem de pedestres entre 22h e 02h, na porta do estabelecimento. A hora-pico de chegada de clientes, nos dias pesquisados, foi entre 23:30-00:30h.

Tabela 4.2 – Características das Casas Noturnas.

Estabelecimento	Entrada Clientes Hora-pico	Capacidade do Estabelecimento	Área Construída (m²)
#1	226	900	1.722
#2	62	500	649
#3	181	725	1.306
#4	57	606	1.215
#5	12	380	386

Para caracterizar a forma de deslocamento dos frequentadores das casas noturnas aos empreendimentos analisados, realizou-se entrevista em oito estabelecimentos, resultando em um total de 680 entrevistados. Automóvel, carona e táxi são os principais modos de deslocamento até as casas noturnas, como pode ser observado na Figura 4.1, com destaque para 66% dos deslocamentos serem realizados por automóvel, cujo veículo foi estacionado na rua na maioria dos empreendimentos (Figura 4.2).

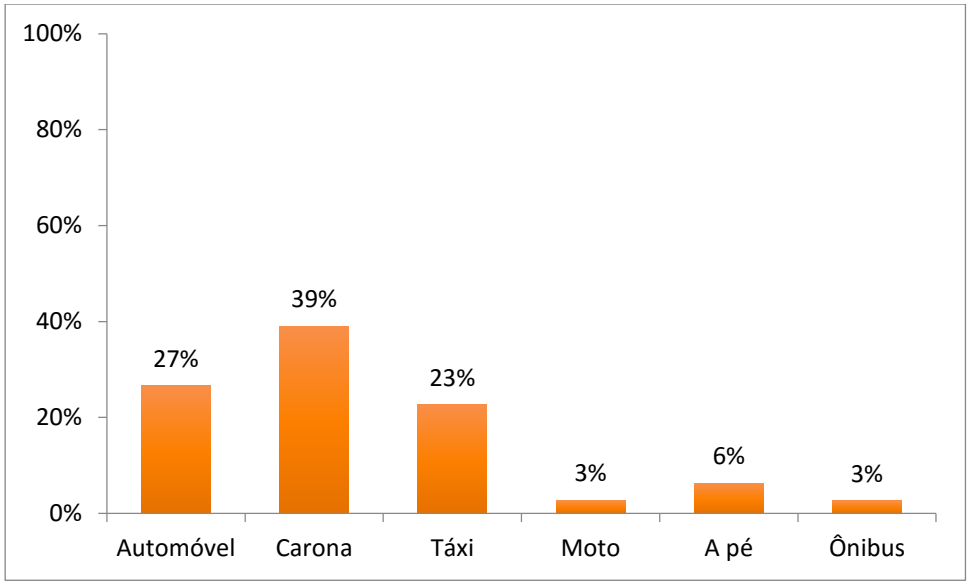


Figura 4.1 – Divisão modal das viagens às casas noturnas.

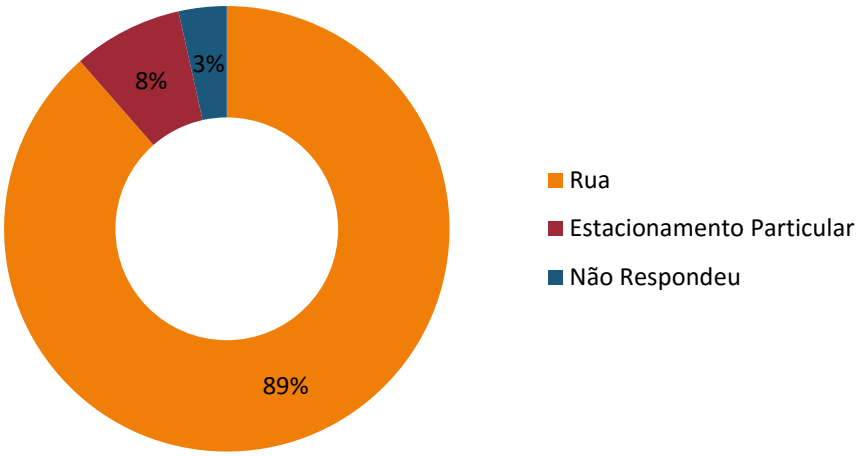


Figura 4.2 – Local do estacionamento de automóveis e motos.

A correlação entre as variáveis utilizadas no estudo está apresentada na Tabela 4.3. Os resultados do modelo de geração de viagens para casas noturnas estão apresentados na Tabela 4.4. Todas as equações foram validadas pelo teste-t, sendo que V representa o número de usuários que entram no estabelecimento, cujas viagens foram realizados por todos os modos. O modelo é válido para quinta-feira e sexta-feira entre 23:30-00:30. Para determinar o número de viagens por automóvel, multiplicar o resultado por 0,66, somatório de viagens por automóvel e carona na divisão modal.

Tabela 4.3 – Correlação entre as variáveis para casas noturnas.

Variável Dependente (V)	**Variável Independente**	**Correlação (Pearson)**
Número de viagens por automóvel	Área Construída	0,88 (atração)
	Capacidade do Estabelecimento	0,96 (atração)

Tabela 4.4 – Modelo de atração de viagens para casas noturnas.

Dimensão Temporal	Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
23:30-00:30h Atração	Área Bruta Construída (ABC), em m² e Capacidade do Estabelecimento (CE)	V = 0,93CE – 0,19ABC – 269,12	0,94	4,30	-0,3%	386≤ABC≤1.722 300≤CE≤1.000
	Capacidade do Estabelecimento (CE)	V = 0,43CE – 161,86	0,96	3,18	6%	300≤CE≤1.000

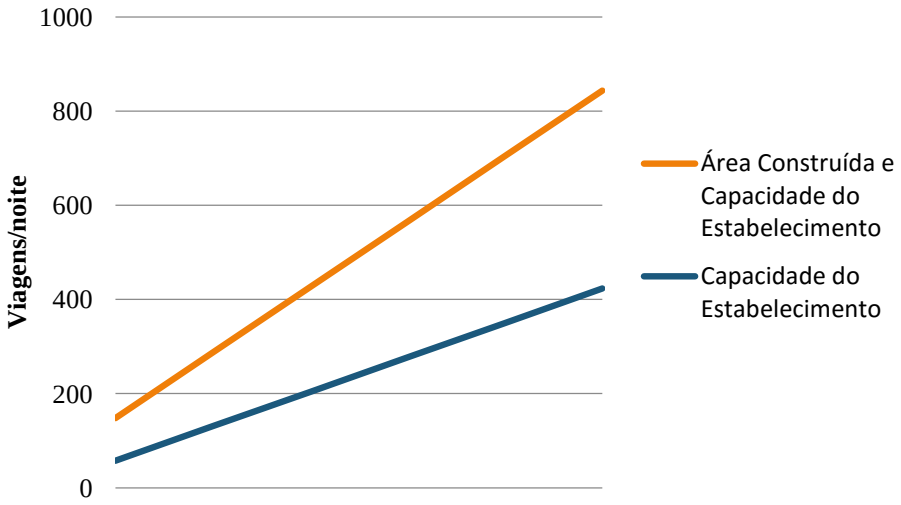
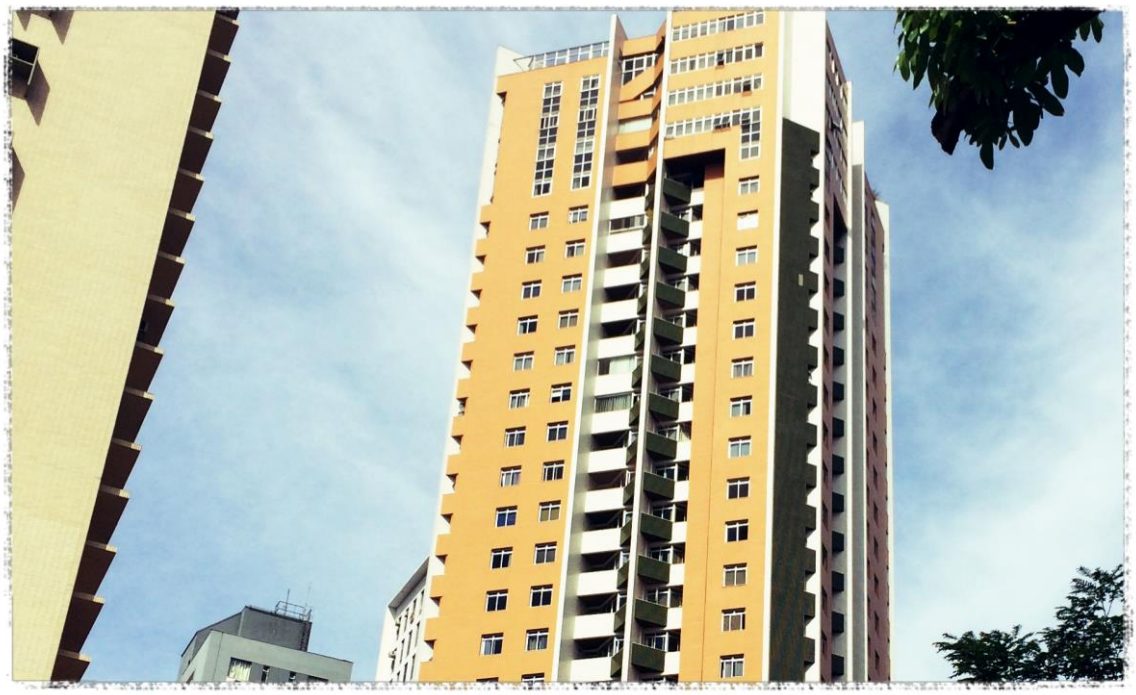


Figura 4.3 – Representação gráfica do modelo de atração de viagens para casas noturnas.

5 CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS



O estudo da geração de viagens em empreendimentos residenciais é de fundamental importância, segundo Grieco *et al.* (2012), visto que é o tipo de empreendimento mais comum em aglomerações urbanas. Segundo Bruton (1979), 80% das viagens iniciam ou terminam em uma residência. Na Região Metropolitana de Belo Horizonte, segundo dados da Pesquisa Origem-Destino 2012 (Minas Gerais, 2012), 49% das viagens têm origem e 45% das viagens terminam nas residências (Figura 5.1)

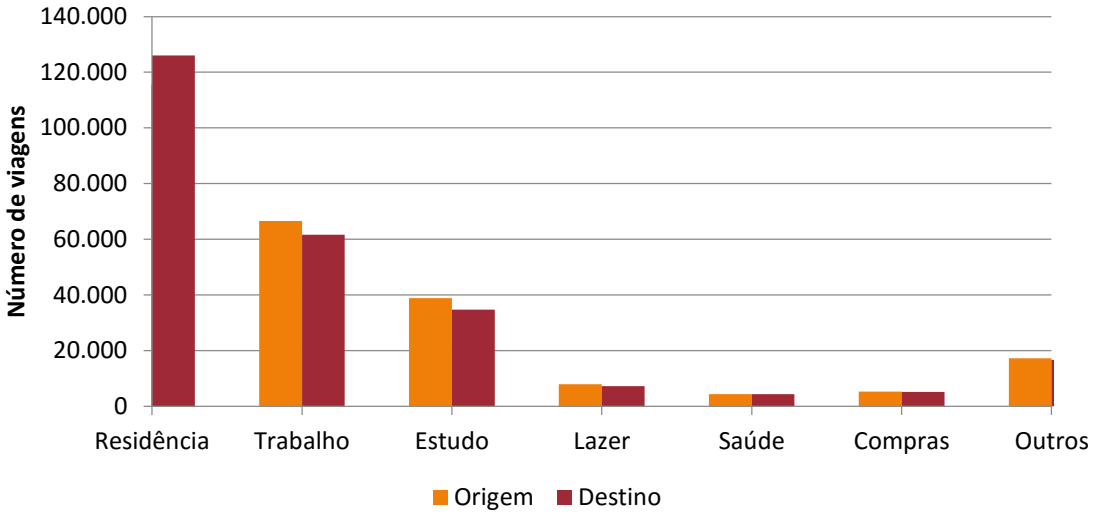


Figura 5.1 – Origens/Destinos das viagens na RMBH (Minas Gerais, 2012).

Um condomínio residencial pode ser classificado como PGV por diferentes tipologias, tais como (Grieco *et al.,* 2012):

- Casas unifamiliares isoladas: unidades residenciais unifamiliares localizadas cada uma em um lote;

- Apartamento: unidades residenciais localizadas no mesmo edifício, com pelo menos três outras unidades residenciais;
- Edifícios de apartamentos de baixa altura: unidades residenciais em edificações com um ou dois pavimentos;
- Edifícios de apartamentos de grande altura: unidades residenciais localizadas em edifícios com mais de 10 pavimentos, contendo um ou mais elevadores;
- Edifício de apartamentos de altura média: unidades residenciais em edifícios que possuem de três a dez pavimentos;
- Condomínio residencial ou casas germinadas: edificações que têm mais de uma unidade residencial, de diferentes proprietários, na mesma estrutura;
- Condomínios de Luxo: edificações com mais de uma unidade residencial, de diferentes proprietários, na mesma estrutura, que se caracterizam por possuírem instalações ou serviços de luxo.

No Brasil, o estudo da geração de viagens em residências é ainda pouco explorado, segundo Grieco e Portugal (2010), mas certamente necessário para se dispor de taxas e modelos mais compatíveis com a realidade. Segundo Castro (2010), de 1989 a 2002 foram analisados 1049 empreendimentos que eram enquadrados como polos geradores de viagem, sendo que 13% destes eram do tipo residencial. Os estudos abordados neste relatório são do ITE (2008), Grieco (2010), Castro (2010), Marcolini (2011), Ferreira (2013) e Torquato e Raia Junior (2014), cujos modelos estão apresentados na Tabela 4.1.

O ITE (2008) tem modelos para dezenove tipologias diferentes de empreendimentos de uso residencial. Considerando a tipologia apartamento e a variável independente unidade residencial, o ITE (2008) apresenta oito modelos para a geração de viagens por automóvel. Segundo o ITE (2008), o número de veículos e a quantidade de moradores têm forte correlação com a média das viagens para um dia de semana. Além disso, o ITE (2008) conclui que existe uma grande correlação entre a taxa de geração de viagens e o tipo de residência estudado. Essas variações consideram fatores locacionais e de renda, isto é, as residências mais próximas ao centro de negócios e aquelas que tem menor valor de mercado apresentam as menores taxas de geração de viagem, ao contrário das taxas calculadas para as residências maiores, mais caras e mais distantes dos centros

Grieco (2010) realizou um estudo a partir dos dados de viagens de onze condomínios residenciais verticais, localizados na cidade de Niterói, determinando suas taxas de geração de viagens. Os resultados do estudo indicam que a densidade da região em que os PGVs residenciais se localizam altera a geração de viagens e a escolha do modo de transporte das viagens realizadas pelos moradores.

Marcolini (2011) obteve a distribuição modal e as taxas de geração de viagens em condomínios residenciais localizados em cinco áreas de Niterói (RJ), com diferentes padrões de uso e ocupação do solo. Foram utilizadas como variáveis independentes o número de unidades residenciais e o número de vagas de estacionamento e foram obtidas taxas de geração para diferentes regiões da cidade mencionada.

Ferreira (2013) utilizou a hipótese de que os Condomínios Residenciais de Classe Média na Região Metropolitana da Grande Vitória geram viagens seguindo um mesmo padrão em seus municípios, de forma que foi possível estabelecer um modelo estatístico, baseado tanto em características obtidas em campo como em dados secundários. Os resultados apresentaram melhor ajuste que os modelos internacionais para condomínios residenciais.

Tabela 5.1 - Modelos de geração de viagens para Condomínios Residenciais.

Estudo	Dimensão temporal	Equação	R^2
ITE (2008)	Qualquer dia – horário indiferente	V = 6,06UR + 123,56	0,87
	Qualquer dia – pico da manhã	V = 0,54UR + 2,45	0,82
	Sábado – qualquer horário	V = 7,85UR - 256,19	0,85
Grieco e Portugal (2010) empreendimentos próximos ao centro de consumo	6h30 – 20h	V = 3,09 + 1,354UR	0,618
	Pico Manhã	V = -8,35 + 0,5756UR	0,602
	Pico Tarde	V = 11,44 + 0,7782UR	0,611
	6h30 – 20h	V = 20,43 + 11NV	0,814
	Pico Manhã	V = -3,29 – 0,511NV	0,850
	Pico Tarde	V = 23,73 + 0,6489NV	0,762
Grieco e Portugal (2010) empreendimentos distantes do centro de consumo	6h30 – 20h	V = 84,35 + 3,876UR	0,98
	Pico Manhã	V = 46,41 + 1,591UR	0,96
	Pico Tarde	V = 11,44 + 0,7782UR	0,98
	6h30 – 20h	V = 84,35 + 1,938NV	0,98
	Pico Manhã	V = 46,41 + 0,796NV	0,96
	Pico Tarde	V = 34,94 + 1,142NV	0,98
Marcolini (2011)	Residencial com comercial diversificado	V =1,62UR (carro) V = 5,55UR (a pé) V = 2,19UR (ônibus)	-
	Residencial com comercial local	V = 1,6UR (carro) V = 1,73UR (a pé) V = 1,83UR (ônibus)	
	Exclusivamente residencial (região oceânica)	V = 6,34UR (carro) V = 0,43UR (a pé) V = 1,77UR (ônibus)	
Ferreira (2013)	6h-20h	V = 0,3627UR + 165,2988	0,68
		V = 0,1295NH + 165,2988	0,68
Torquato e Raia Junior (2014)	6h30 – 20h	Ln(V) = 3,31 + 0,82 ln(UO)	99,74
	7h – 9h	Ln(V) = 1,56 + 0,82 ln(UO)	99,40
	16h – 18h	Ln(V) = 1,42 + 0,82 ln(UO)	99,77
	6h30 – 20h	Ln(V) = 2,74 +1,18 ln(UO)	89,98
	7h – 9h	Ln(V) = 0,90 +1,20 ln(UO)	93,20
	16h – 18h	Ln(V) = 0,91 + 1,16 ln(UO)	87,64

Em que:

- V é o número de viagens geradas por automóveis;
- UR representa o número de unidades residenciais;
- UO representa o número de unidades ocupadas;
- NH representa o número de habitantes;
- NV é o número de vagas.

Torquato e Raia Junior (2014) apresentam modelos de geração de viagens para condomínios fechados. No Brasil, segundo Torquato e Raia Junior (2013), os condomínios fechados surgiram na década de 1970, em São Paulo, Belo Horizonte e Presidente Prudente, e se multiplicaram a partir da década de 1980. Os autores utilizaram dados de viagens, coletados através de contagem volumétrica e classificatória (carros, motocicletas, bicicletas, pessoas a pé e outros) nos pontos de acesso aos

empreendimentos. Os dados foram coletados às terças, quartas e quintas-feiras, nos meses de maio, junho, agosto e setembro, dentro do período letivo, em dias sem chuva, e no período das 6h30 às 20h00. As taxas foram calculadas e modelos de geração de viagens foram modelados em função das variáveis unidades ocupadas, que indicava o número de moradias habitadas por condomínio, e área total (AT), que expressava a extensão, em acres, de cada empreendimento. Os autores também apresentam modelos de geração de viagens para viagens a pé.

5.1 Modelo de Geração de Viagens para Condomínios Residenciais

Para o desenvolvimento do estudo, foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características dos empreendimentos estão apresentadas na Tabela 5.2. As contagens volumétricas para obtenção dos fluxos de veículos foram realizadas nas respectivas entradas/saídas dos empreendimentos, entre 6h e 19h, de segunda a quinta-feira, e os resultados estão apresentados nas Figuras 5.2 e 5.3. Observa-se que o pico da manhã ocorre entre 7-8h, com a saída dos veículos, e o pico da tarde, entre 18-19h, com a entrada dos veículos.

Tabela 5.2 – Dados dos empreendimentos analisados.

	Volume (veículos/hora)	Área Bruta construída (m²)	Número de Vagas de estacionamento	Número total de quartos	Número de apartamentos
#1	17	5.875	134	268	134
#2	17	7.213	158	330	150
#3	48	12.500	224	460	176
#4	26	19.366	303	440	120
#5	41	15.468	222	424	184

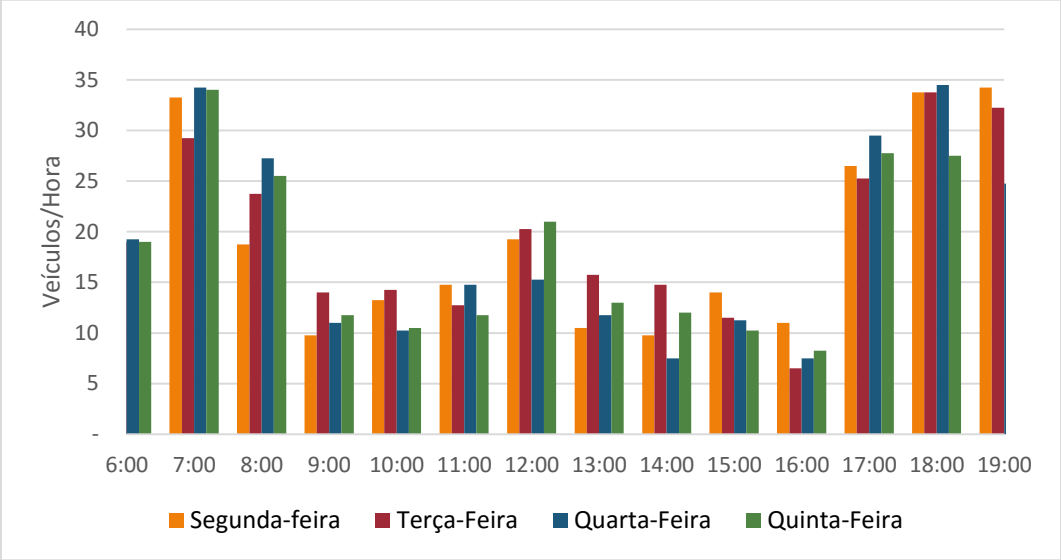


Figura 5.2 – Entrada e Saída de veículos nos condomínios residenciais analisados.

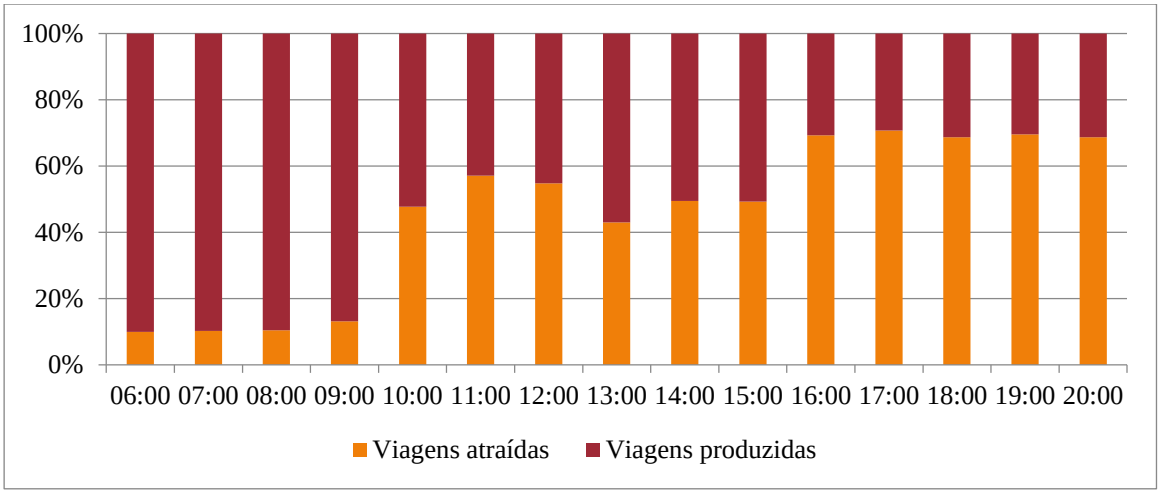


Figura 5.3 – Percentual das viagens atraídas e produzidas ao longo de uma terça-feira.

A correlação entre as variáveis estão apresentadas na Tabela 5.3. Os resultados do modelo de atração e produção de viagens de automóveis para condomínios residenciais estão apresentados na Tabela 5.4. O modelo de produção foi desenvolvido para a hora-pico da manhã (8-9h) e o modelo de atração, para o pico da tarde (19-20h) de uma terça feira. Todas as equações foram validadas pelo teste-t. Este modelo representa, em média, 87% do total de viagens produzidas pelo empreendimento. O percentual de atração de viagens corresponde, em média, a 13%.

A Figura 5.4 mostra a representação gráfica da soma dos modelos de atração e produção de viagens. Quando comparado com o estudo de Griedo e Portugal (2010), observa-se uma superestimativa para empreendimentos distantes dos centros urbanos. Tais resultados ressaltam a importância dos modelos para Belo Horizonte para análise do impacto da atração/produção de viagens.

Tabela 5.3 – Correlação entre as variáveis para condomínios residenciais.

Variável Dependente (V)	**Variável Independente**	**Correlação (Pearson)**
Número de viagens por automóvel	Número de Quartos	0,29 (atração) e 0,36 (atração)
	Número de Unidades Residenciais	0,62 (atração) e 0,65 (produção)
	Área Construída	0,35 (atração) e 0,42 (produção)

Tabela 5.4 – Modelo de atração e produção de viagens de automóveis para Condomínios Residenciais, em uma terça-feira, entre 7-8h.

Dimensão Temporal	**Equação**	**R^2**	**Teste-t**	**Validação**	**Domínio**
8-9h Produção de Viagens	V = 0,74UR	0,44	2,77	-253%	Unidade Residencial (UR): [120, 184] Número de Quartos (NQ): [268, 460]
	V = 0,28NQ	0,40	2,77	-213%	
	V = 0,23NQ + 3,44UR - 514,54	0,43	4,30	-104%	
	V =3,72UR - 467,44	0,42	3,18	-130%	
19-20h Atração de Viagens	V = 0,4601UR	0,64	2,77	-246%	
	V = 0,1711NQ	0,60	2,77	-217%	
	V = 0,07NQ + 2,26UR - 311,11	0,38	4,30	-159%	
	V =2,35UR - 296,20	0,38	3,18	-164%	

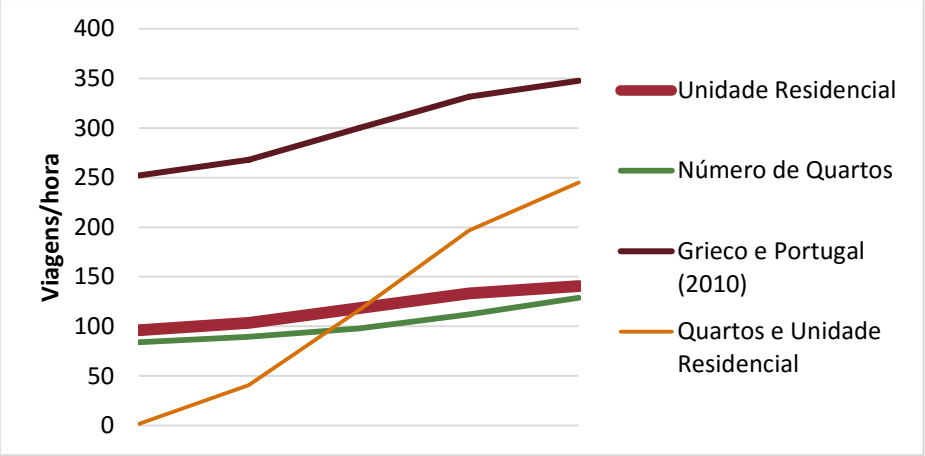


Figura 5.4 – Representação gráfica dos modelos para condomínios residenciais.

6 ESTABELECIMENTOS DE ENSINO

Segundo Bertazzo *et al.* (2012), não obstante a importância de estudos das instituições de ensino como PGVs, a produção científica referente à geração de viagens para esses empreendimentos ainda é escassa. Para os mesmos autores, as instituições de ensino são PGVs com características especiais a serem consideradas nos estudos de impacto e cujas especificidades da geração de viagens são o ponto de partida para os estudos dos impactos.

As viagens geradas por instituições de ensino ocorrem de modo regular e previamente programado, especialmente nos dias úteis e os picos de geração de viagens coincidem com os picos de tráfego do sistema viário (Bertazzo *et al.*, 2012).

Em estabelecimentos de ensino, as características das viagens dependem de variáveis como o nível de ensino ofertado, categoria da instituição (pública ou privada), localização (urbana, suburbana, rural), acesso ao sistema de transporte e disponibilidade de infraestrutura como vagas de estacionamento e área para operação de embarque e desembarque (Bertazzo *et al.*, 2012). Para os mesmos autores, as viagens geradas por instituições de ensino são compulsórias, isto é, elas podem ser dominantes no plano de viagens de cada indivíduo. Na RMBH, segundo a Pesquisa Origem-Destino (2012), 14% das viagens têm como motivo estudo (Minas Gerais, 2012). Em geral, as instituições de ensino têm as seguintes características do padrão de viagem (Bertazzo *et al.*, 2012):

- Provocam impacto nas condições de circulação de veículos e pedestres na sua área de influência;
- Demandam adequação dos acessos aos usuários com conforto e segurança;
- Alunos, professores e funcionários são usuários regulares;

- As viagens ocorrem de modo regular e programado e são dominantes no plano de viagens diárias;
- Os picos de viagem são coincidentes com os picos do sistema viário;
- As análises devem ser realizadas nos horários de funcionamento, na entrada e saída da instituição, nos dias úteis;
- O porte do empreendimento é dado pelo número de matrículas ou pela área de edificação;
- As viagens atribuídas ao empreendimento demandam estacionamento;
- O veículo pode ser compartilhado por usuários da instituição de ensino;
- Análises multimodais podem assegurar condições adequadas de acessibilidade e segurança;
- Em instituições de educação básica existe um número elevado de estudantes conduzidos por terceiros.

Bertazzo *et al.* (2014) afirmam que modelos para estabelecimentos de ensino ainda são limitados no Brasil, em termos de variáveis independentes e períodos analisados, além do número de estudos ainda serem pequenos.

A CET-SP (1983) utiliza o número total de alunos, a área total de salas de aula (m^2) e o número de salas de aula como variáveis para os modelos de geração de viagens (Tabela 5.1). Pelo modelo CET-SP (1983) é estimado o número de viagens de pessoas atraídas na hora-pico. Para determinar o número de viagens atraídas pelo modo privado, é necessário aplicar o percentual da divisão modal.

CET-SP (2000) apresenta modelos para escolas de ensino fundamental e médio, divididas em quatro grupos: (i) ensino pré-escolar, fundamental e médio; (ii) ensino fundamental e pré-escolar; (iii) ensino fundamental e médio; (iv) ensino fundamental. O resultado são taxas de distribuição modal das viagens geradas para os diferentes turnos e tipos de escola, considerando o número de alunos e de funcionários. Os dados foram obtidos junto a vinte estabelecimentos, incluindo informações sobre o empreendimento e questionários aplicados com os funcionários e alunos, para conhecer o padrão de viagem. As equações estão apresentadas na Tabela 6.1.

TECTRAN (2003a, 2003b) apresenta taxas de geração de viagens, utilizando fatores de hora-pico para estimar as viagens atraídas, na entrada, e produzidas, na saída, das Instituições de Ensino Superior. Os modelos utilizam o número de usuários como variável explicativa e as viagens geradas são transformadas em viagens por modo de transporte, de acordo com a distribuição modal do estabelecimento analisado. Para obtenção dos dados, foram realizadas contagem *in loco* e junto aos usuários.

Nunes (2005) determina parâmetros para a estimativa do número de vagas de estacionamento para instituições de ensino superior (IES) localizadas no Distrito Federal (DF). O autor utiliza o número de alunos como variável explicativa para determinar a demanda crítica (número de vagas de estacionamento a ser oferecido pela IES). Para obtenção dos dados, foi realizado contagem *in loco* e questionário. De acordo com Bertazzo *et al.* (2012), apesar da equação obtida ter boa correlação, ela tende a determinar valores inferiores aos observados.

Souza (2007) determia taxas e modelos de geração de viagens para os principais modos de transporte utilizados nas IES do Distrito Federal. Os dados foram obtidos através de questionário e possibilitaram determinar os horários de pico das IES, sendo:

- Pico manhã: 07h40 às 8h15 para entrada, e 11h30 às 12h50 para saída;
- Pico noite: 18h30 às 19h15 para entrada, e 22h às 23h para saída.

Tabela 6.1 – Modelos de viagens para estabelecimentos de ensino no contexto brasileiro.

Tipologia	Estudo	Equação	R^2
Escolas de ensino básico e médio	**CET-SP (1983)**	V = 0,432NA – 106,303[1]	0,707
		V = 0,343AS – 434,251[2]	0,684
		V = 22,066NS + 102,186[3]	0,850
Escola de Ensino Médio Privada	**Bertazzo (2008)**	Saída manhã	
		V = 0,047NA	0,73
		Entrada noite	
		V = 0,047NA	0,84
		Saída noite	
		V = 0,063NA	0,84
Escola de Ensino Médio Pública	**Bertazzo (2008)**	Entrada manhã	
		V = 0,292NA	0,90
		Saída manhã	
		V = 0,152NA	0,93
Estabelecimentos de ensino superior	**TECTRAN (2003a)**	V = 1,710NU $V_{atraídas_pico}$ = 0,213V $V_{produzidas_pico}$ = 0,046V	
	TECTRAN (2003b)	V = 1,174 x 0,634 NA	
	Nunes (2005)	DC = 0,181NA	0,937
	Souza (2007)	Modelos de Atração de viagens	
		NAA = 0,530NA	0,94
		NAAT = 0,676NA	-
		NOA = 0,188NA	0,73
		NOAT = 0,289NA	-
		NPA = 0,033NA	0,49
		NPAT = 0,044NA	-
	Souza (2007)	Modelos de produção de viagens	
		NAP = 0,49NA	0,93
		NAPT = 0,639NA	-
		NOP = 0,144NA	0,75
		NOPT = 0,232NA	-
		NPP = 0,037NA	0,53
		NPPT = 0,045NA	-

Em que:

- NA é o número de alunos;
- AS é a área total de salas de aula (m^2);
- NS é o número de salas de aula;
- NU é o número de usuários;
- DC é a demanda crítica (número de vagas de estacionamento a serem oferecidas pela IES);
- NAA é o número de viagens atraídas por automóveis, por alunos;
- NAAT é o número de viagens atraídas por automóveis, por todos os usuários;
- NAP é o número de viagens produzidas por automóveis, por alunos;
- NAPT é o número de viagens produzidas por automóveis, por todos os usuários;

[1] Este modelo só deve ser usado para NA < 13.000 alunos

[2] Este modelo só deve ser usado para AS < 13.000 m²

[3] Este modelo só deve ser usado se NS/NA ≥ 0,005

- NOA é o número de viagens atraídas por ônibus, por alunos;
- NOAT é o número de viagens atraídas por ônibus, por todos os usuários;
- NOP é o número de viagens produzidas por ônibus, por alunos;
- NOPT é o número de viagens produzidas por ônibus, por todos os usuários;
- NPA é o número de viagens atraídas a pé, por alunos;
- NPAT é o número de viagens atraídas a pé, por todos os usuários;
- NPP é o número de viagens produzidas a pé, por alunos;
- NPPT é o número de viagens produzidas a pé, por todos os usuários.

Bertazzo (2008) analisa as escolas de ensino médio como PGV, em Brasília. A autora definiu taxas de atração e produção de viagens, para o período da manhã, tarde e noite, para os diferentes modos de viagens (automóveis, ônibus e a pé), cujos dados foram obtidos através de questionários.

6.1 Modelo de Geração de Viagens: escolas de ensino fundamental e médio

Para o desenvolvimento do estudo foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte cujas principais características dos empreendimentos estão apresentadas na Tabela 6.2. Nos estabelecimentos de ensino fundamental e médio, o turno da manhã apresenta a maior demanda (58% na média dos estabelecimentos analisados), seguido pelo turno da tarde (31%) (Figura 6.1). Majoritariamente, os usuários destes estabelecimentos utilizam o transporte escolar e o automóvel nos deslocamentos (Figura 6.2) e os que possuem carteira de habilitação estacionam no próprio empreendimento (Figura 6.3).

Tabela 6.2 – Dados dos empreendimentos analisados.

	Área Bruta Construída	Número de Salas	Vagas Estacionamento	Número Alunos	Número de Funcionários
#1	21.328	47	110	2.587	349
#2	20.303	71	120	2.943	390
#3	36.000	80	270	2.116	293
#4	10.815	63	70	2.834	300
#5	2.530	16	0	841	131

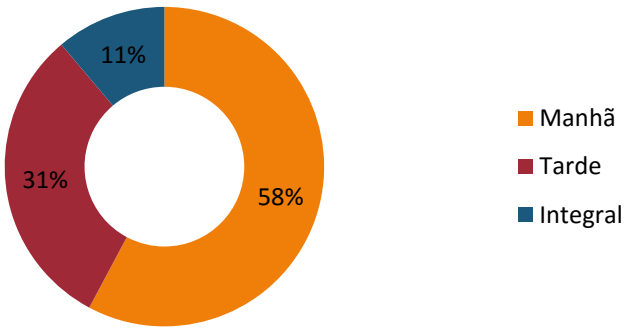


Figura 6.1 – Turno frequentado pelos entrevistados.

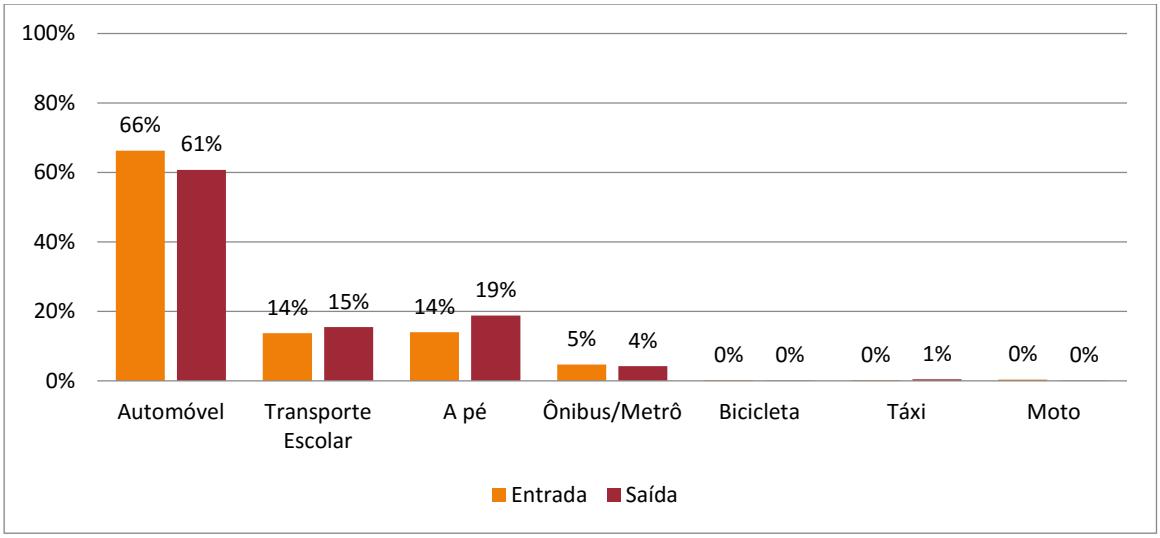


Figura 6.2 – Modo de transporte utilizado.

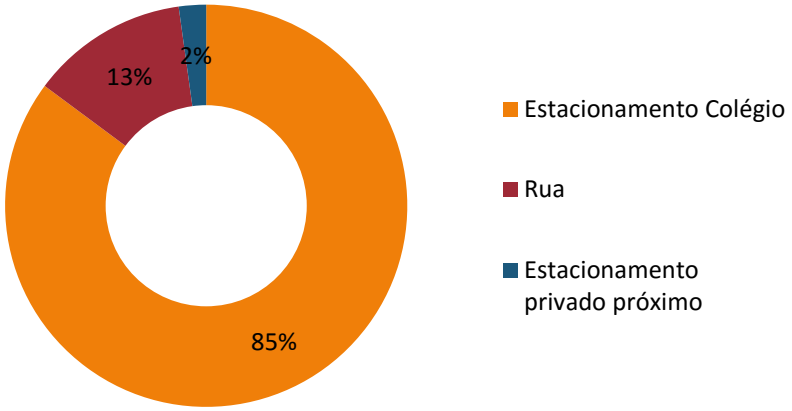


Figura 6.3 – Local de estacionamento daqueles que possuem carteira de habilitação.

A correlação entre as variáveis está apresentada na Tabela 6.3. Os resultados do modelo de atração de viagens para escolas de ensino básico e médio estão apresentados na Tabela 6.4. Todas as equações foram validadas pelo teste-t, considerando os deslocamentos diários por automóvel. Para determinar o número de viagens atraídas no período-pico, multiplicar por 0,58 (período da manhã). A representação gráfica das equações obtidas estão apresentados na Figura 6.4.

Tabela 6.3 – Correlação entre as variáveis para Escolas de Ensino Médio e Básico por automóvel.

Variável Dependente (V)	**Variável Independente**	**Correlação (Pearson)**
Número de viagens por automóvel	Área Construída	0,57 (atração)
	Número de Salas	0,73 (atração)
	Número de Alunos	0,81 (atração)
	Número de Funcionários	0,93 (atração)

Tabela 6.4 – Modelo de atração de viagens BHTRANS para Escolas de Ensino Médio e Básico por automóvel.

Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
Área Bruta Construída (ABC)	V = 0,0517ABC	0,80	4,03	2%	2500≤ABC≤36000
Número de Salas (NS)	V = 19,66NS	0,91	6,29	5%	16 ≤ NS ≤ 80
Número de Alunos (NA)	V = 0,4976NA	0,92	7,25	1%	541 ≤ NA ≤ 2943
Número de Funcionários (NF)	V = 3,95NF	0,95	2,77	-22%	131 ≤ NF ≤ 390
Número de Alunos (NA)	V = 0,NA - 198,59	0,65	3,18	-6%	541 ≤ NA ≤ 2943
Número de Funcionários (NF)	V = 5,NF - 580,95	0,84	3,18	2%	131 ≤ NF ≤ 390
Número de Salas (NS), Número de Alunos (NA) e Número de Funcionários (NF)	V = 3,26NS - 0,47NA + 9,03NF - 641,99	0,91	12,70	3%	16 ≤ NS ≤ 80 541 ≤ NA ≤ 2943 131 ≤ NF ≤ 390
Número de Salas (NS) e Número de Funcionários (NF)	V = 1,8NS + 5,42NF - 579,23	0,87	4,30	3%	16 ≤ NS ≤ 80 131 ≤ NF ≤ 390

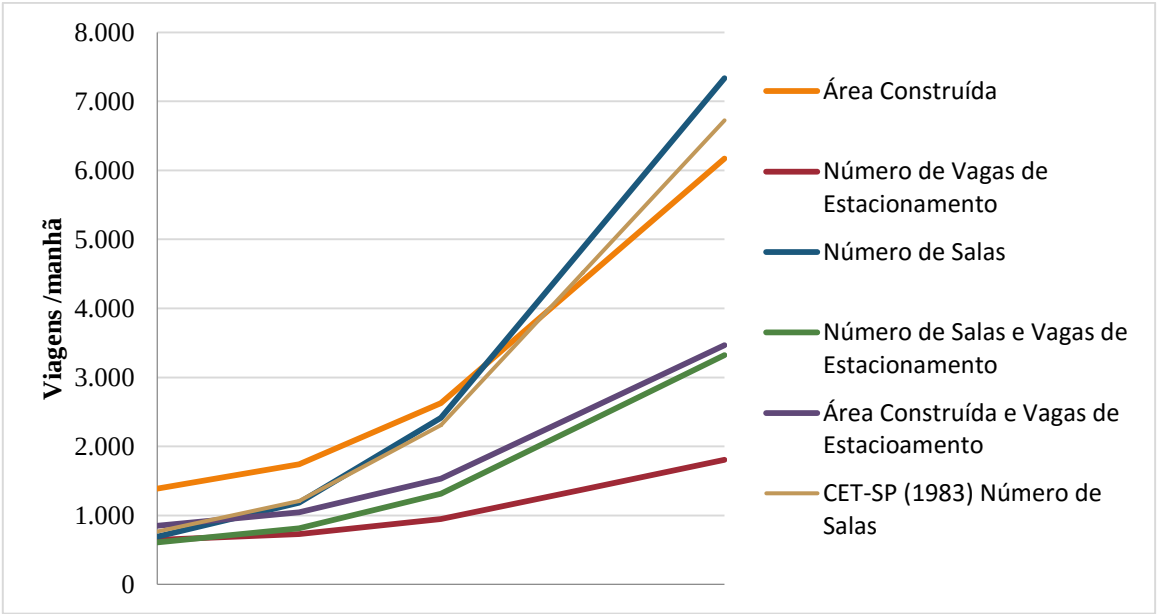


Figura 6.4 – Representação gráfica do modelo de atracão de viagens por automóvel, para Escolas de Ensino Fundamental e Médio.

6.2 Modelo de Geração de Viagens: Institutos de Ensino Superior

Para o desenvolvimento do estudo, foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Dados dos empreendimentos analisados.

	Área Bruta Construída	Número de Salas	Número Alunos Manhã	Número Alunos Noite
#1	6.725	41	1.300	600
#2	57.271	158	3.300	7.000
#3	19.012	90	1.645	3.584
#4	21.843	91	2.433	2.981
#5	74.280	201	5.376	5.177

Foram entrevistados 7.693 usuários das instituições de ensino superior e os resultados indicaram que o turno da noite apresenta a maior demanda (54%) (Figura 6.5). Majoritariamente, os usuários destes estabelecimentos utilizam o ônibus nos deslocamentos, em ambos turnos, (Figura 6.6), cuja divisão modal está apresentada, por turno.

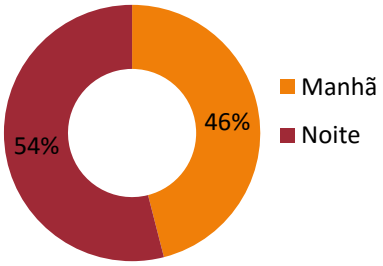


Figura 6.5 – Turno frequentado pelos entrevistados.

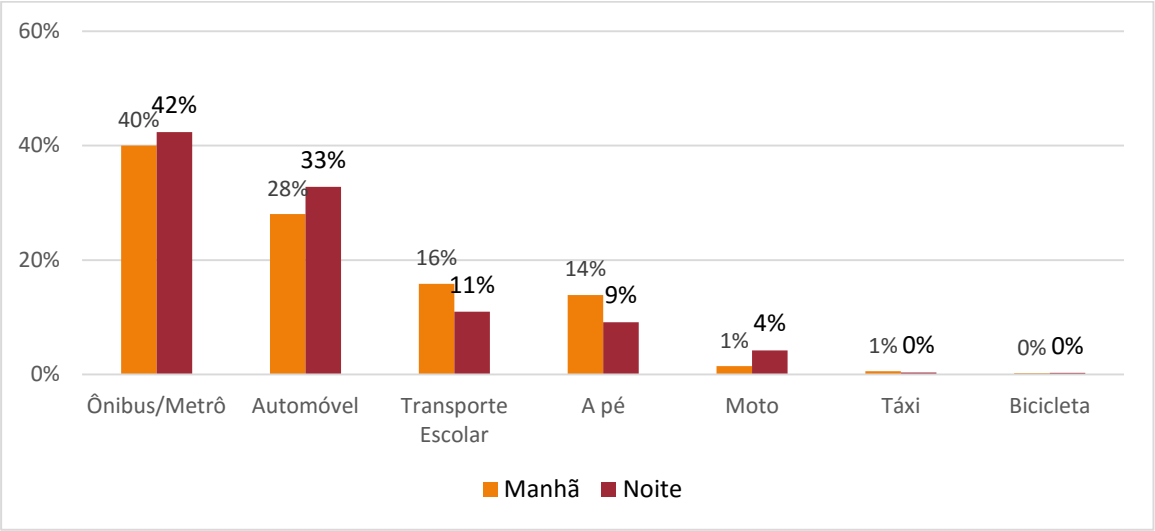


Figura 6.6 – Divisão modal das viagens com destino as IES.

A correlação entre as variáveis está apresentada na Tabela 6.6. Os resultados do modelo de atração de viagens para IES estão apresentados na Tabela 6.7. Todas as equações foram validadas pelo teste-t para os turnos da manhã e noite, considerando os alunos matriculados, por período, no estabelecimento. A representação gráfica das equações obtidas e da revisão da literatura está apresentada na Figura 6.7. Para determinar o percentual de viagens por automóvel, multiplicar pelo percentual de acordo com o turno analisado.

Tabela 6.6 – Correlação entre as variáveis para IES.

Variável Dependente (V)	Variável Independente	Correlação (Pearson)
Número de viagens por automóvel	Área Construída	0,96 (manhã) e 0,85 (noite)
	Número de Salas	0,95 (manhã) e 0,85 (noite)
	Número de Vagas de Estacionamento	0,98 (manhã) e 0,88 (noite)

Tabela 6.7 – Modelo de atração de viagens por automóvel para IES, considerando as viagens de alunos.

Turno	Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
Manhã	Área Bruta Construída (ABC)	V_{alunos} = 0,054ABC + 857	0,91	3,18	-1%	6.725≤ABC≤74.000
	Número de Salas (NS)	V_{alunos} = 24,61NS – 48	0,90	3,18	-1%	41≤NS≤201
	Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 2,15NV + 515,64	0,94	3,18	0,1%	190 ≤NV≤ 2.195
	Número de Salas (NS) e Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 6,86NS + 1,59NV + 309,42	0,96	4,30	0,5%	41≤NS≤201 190 ≤NV≤ 2.195
	Área Bruta Construída (ABC)e Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 0,021ABC + 1,40NV + 561	0,97	4,30	0,7%	6.725≤ABC≤74.000 190 ≤NV≤ 2.195
Noite	Área Bruta Construída (ABC)	V_{alunos} = 0,070ABC + 1346	0,70	2,65	-35,7%	6.725≤ABC≤74.000
	Número de Salas (NS)	V_{alunos} = 32,52NS + 90	0,72	2,84	-25,3%	41≤NS≤201
	Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 2,22NV + 1,498	0,47	3,18	-43,3%	190 ≤NV≤ 2.195
	Número de Salas (NS) e Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 76,17NS - 3,92NV – 791	0,88	4,30	-26,3%	41≤NS≤201 190 ≤NV≤ 2.195
	Área Bruta Construída (ABC) e Número de Vagas (NV)	V_{alunos} = 0,12ABC - 1,90NV + 1,749	0,75	4,30	-43,4%	6.725≤ABC≤74.000 190 ≤NV≤ 2.195

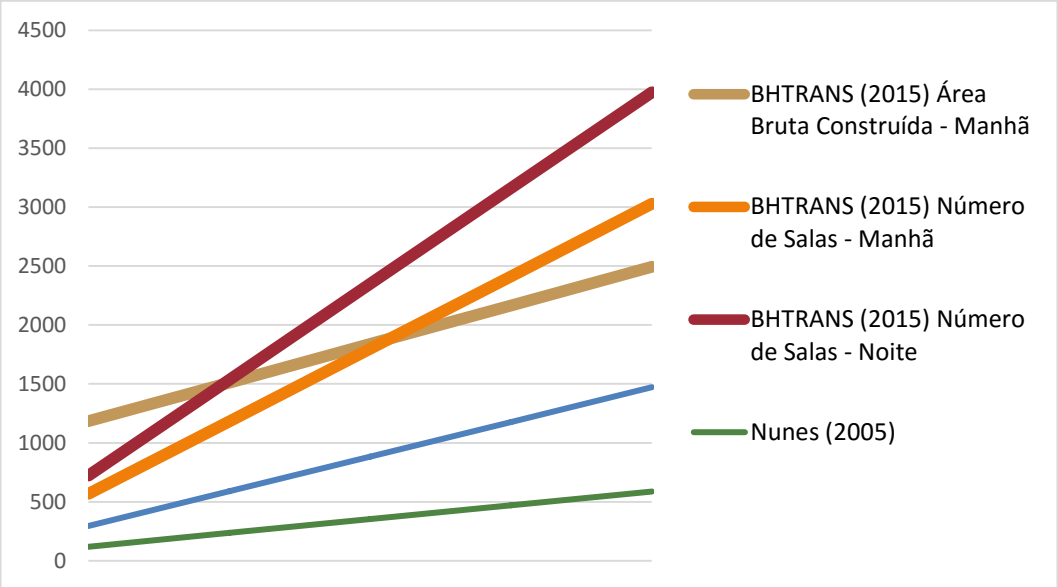


Figura 6.7 – Representação gráfica do modelo de atração de viagens das IES.

7 HOSPITAIS

Os empreendimentos de saúde podem ser classificados como postos de saúde, centros de saúde, policlínicas, hospitais gerais, hospitais especializados, prontos-socorros geral, prontos-socorros especializados, consultórios e clínicas especializadas ou ambulatórios de especialidade. Alguns desses empreendimentos podem ser públicos, públicos universitários ou privados. Segundo o ITE (2008), hospital é um empreendimento em que cuidados médicos e cirúrgicos são dados a pacientes, sendo eles usuários do ambulatório ou não, e onde existem acomodações para pernoites de pacientes.

Segundo Toledo e Demajorovic (2006) *apud* Gontijo (2014), os hospitais possuem relevância econômica e modo particular de funcionamento, pois operam 24 horas por dia e 365 dias por ano, demandam grande quantidade de recurso, fornecendo atividades com potenciais na geração de impactos, incluindo os impactos no trânsito.

Os principais estudos sobre a geração de viagens em hospitais são CET-SP (1983), Carqueja (2006), Macêdo *et al.* (2002), Nishimori e Raia Junior (2011), Gontijo (2014), cujas equações estão apresentadas na Tabela 6.1.

A CET-SP (1983) utiliza a área construída e o número de funcionários como variáveis para o modelo de geração de viagens. Este modelo estima o número de viagens de pessoas atraídas na hora-pico. Para determinar o número de viagens atraídas pelo modo privado, é necessário aplicar a divisão modal. Carqueja (2006) apresenta um modelo de geração de viagens para dois hospitais em Florianópolis (SC), sendo um público e outro privado. Macêdo *et al.* (2002) estima as viagens geradas por clínicas em Goiânia (GO) para estimar o número de vagas de estacionamento. Macêdo *et al.* (2002) considera como variáveis independentes o número de médicos, consultórios, área total construída, especialidades médicas e número de convênios. O modelo estima o número de viagens atraídas por dia.

Nishimori e Raia Junior (2011) desenvolveram um estudo de geração de viagens para pronto-socorros, com dados de duas cidades de porte médio: Araraquara e Jaú, localizadas no interior de São Paulo. Este estudo utilizou contagem de pessoas, durante cinco dias, para definir o horário de pico. Posteriormente, no dia de pico obtido, foram aplicados questionários aos usuários. Os resultados indicaram que o dia de pico é segunda-feira, com horário de pico diferindo para cada

cidade: 8h45 às 9h45, no período da manhã, e 12h45 às 13h45, no período da tarde, em Araraquara; 8h15 às 9h15, no período da manhã, e 15h15 às 16h15, no período da tarde, em Jaú. As taxas obtidas também estão apresentadas na Tabela 7.1.

Gontijo (2014) apresenta taxas e modelos que permitem analisar os possíveis impactos em relação às viagens atraídas por novos empreendimentos hospitalares, através de dados do Estado de São Paulo. Nesses hospitais realizaram-se contagens volumétricas de pedestres, de automóveis, de ônibus, motos, bicicletas, além de entrevistas com usuários. A autora também desenvolve modelos para a cidade de Madrid (Espanha) e compara os resultados com os modelos do ITE (2008).

Tabela 7.1 – Modelos de viagens para hospitais no contexto brasileiro.

Estudo	Equação	R^2
CET-SP (1983)	V = 0,483NF + 36,269	0,837
	V = 0,023AC + 28,834	0,742
Carqueja (2006)	V = 4,79NL (para automóveis em hospital público) V = 4,45NL (para automóveis em hospital privado) V = 1,77NF (para automóveis em hospital público) V = 1,60NF (para automóveis em hospital privado)	-
Macêdo *et al.* (2002)	V = 9 + 11,9NM	0,85
	V = 33,2 + 1,174AC	0,89
	V = 22,5 + 7,56CL	0,91
Nishimori e Raia Junior (2011)	V = 0,51ATC (Araraquara) V = 7,83NL (Araraquara) V = 0,87ATC (Jaú) V = 5,39NL (Jaú)	-
Gontijo (2014)	V= 4,95NF (viagens/dia) V = 16,37NL (viagens/dia) V = 0,63NF (viagens no pico da manhã) V = 2,12NL (viagens no pico da manhã) V = 0,55 NF (viagens no pico da tarde) V = 1,82NL (viagens no pico da tarde)	-

Em que:

- V é o número de viagens;
- NF representa o número de funcionários;
- NL representa o número de leitos;
- AC representa a área construída;
- NM representa o número de médicos;
- CL representa o quadro clínico (médicos e técnicos)
- ATC representa a área total construída.

Gontijo (2014) destaca que o modelo desenvolvido pela CET-SP (1983) e ITE (2008) não se aplica aos casos de hospitais brasileiros, por haver superdimensionamento dos parâmetros. Além disso, o modelo do ITE foca apenas em viagens por automóveis, sendo que no Brasil (especialmente em São Paulo), o ônibus é o modo de transporte mais utilizado, não sendo abordado nos modelos do ITE (2008)

7.1 Modelo de Geração de Viagens: Hospitais

Para o desenvolvimento do estudo foram analisados sete empreendimentos privados localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Dados dos empreendimentos analisados.

	Volume Máximo (viagens/hora)	Área Bruta Construída (m²)	Número de Funcionários	Número de Leitos
#1	294	28.664	1.700	320
#2	221	31.931	1.057	280
#3	318	33.725	1.503	316
#4	842	32.716	1.966	302
#5	625	25.385	3.000	475

Os principais motivos que levaram os entrevistados aos hospitais estão apresentados na Figura 7.1, com destaque para trabalho (39%), consulta, exame e/ou internação (33%) e acompanhante (18%). A Figura 7.2 apresenta a divisão modal das viagens em todos os empreendimentos considerados, com destaque para 40% dos deslocamentos serem realizados por automóvel e ônibus. Os usuários de automóvel estacionaram na rua (42%) ou no estacionamento do hospital (42%) (Figura 7.3).

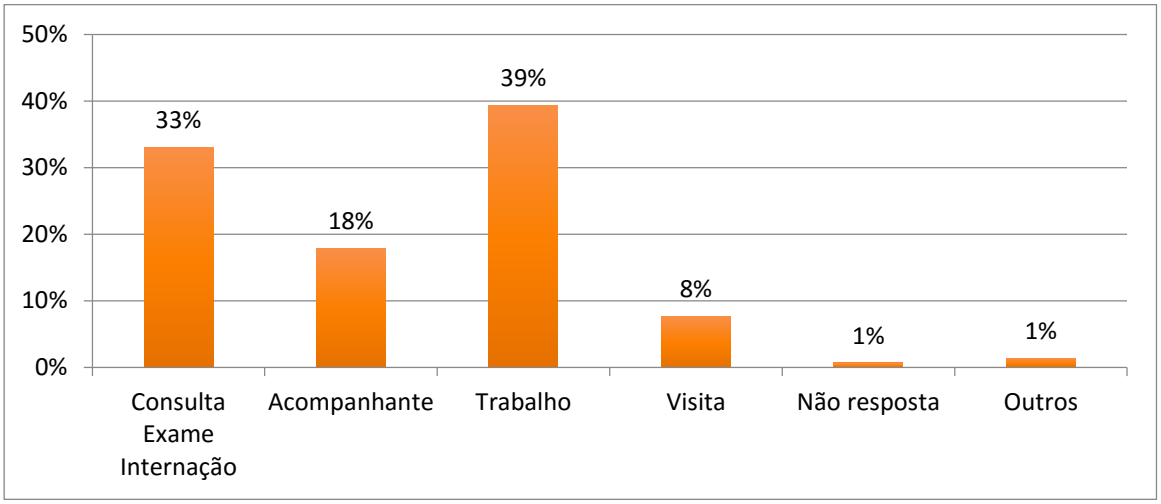


Figura 7.1 – Motivo da visita ao hospital.

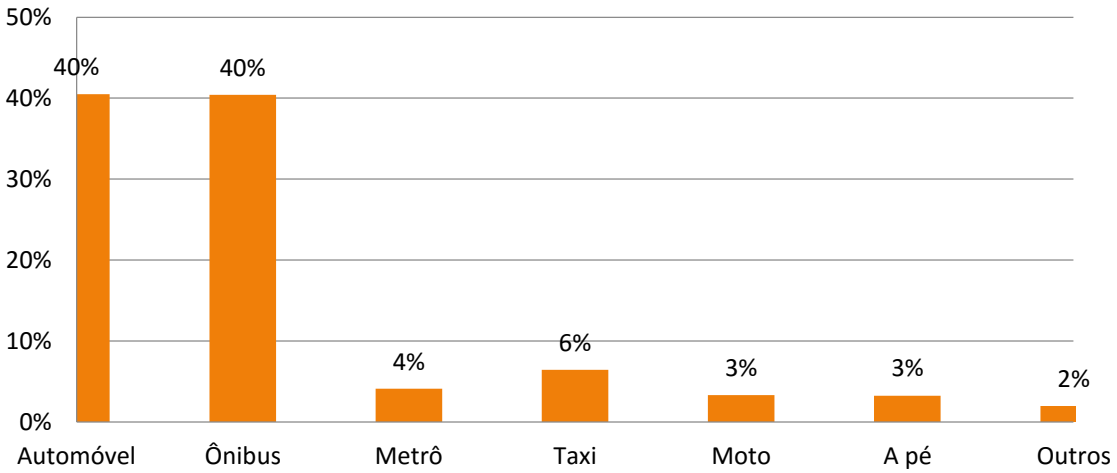


Figura 7.2 – Divisão modal das viagens ao hospital.

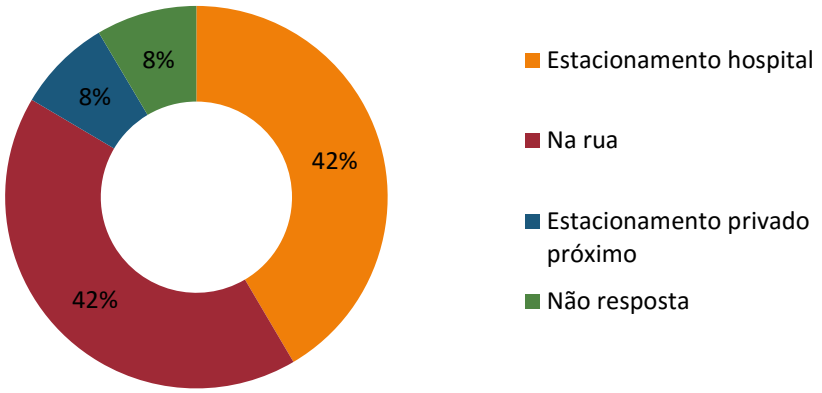


Figura 7.3 – Local de estacionamento para os que se deslocaram de automóvel.

Foram realizadas contagens de pedestres nas entradas no hospital durante o período da manhã, cujos resultados estão apresentados na Figura 7.4, que permite observar que o horário de pico, na maioria dos hospitais, ocorre entre 8-9h.

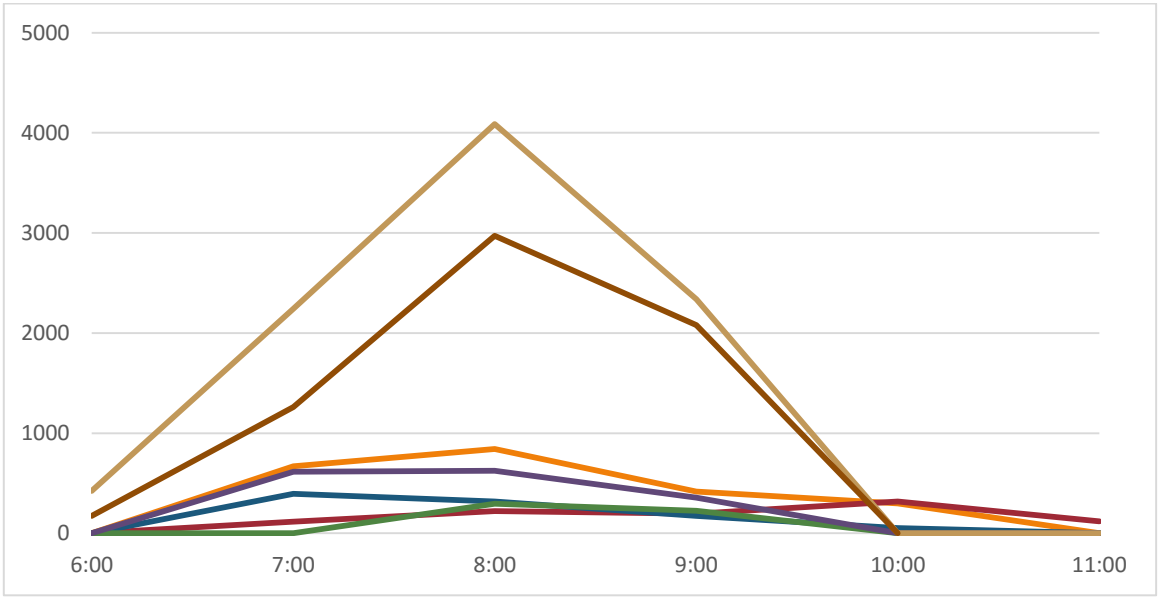


Figura 7.4 – Fluxo de pedestres entrando no hospital.

A correlação entre as variáveis está apresentada na Tabela 7.3. Os resultados do modelo de atração de viagens para hospitais estão apresentados na Tabela 7.4 e indicam todas as viagens atraídas pelo hospital no período indicado. Para determinar o número de viagens atraídas por veículo privado, multiplicar o número resultante por 0,40 (divisão modal apresentada na Figura 7.2). Todas as equações foram validadas pelo teste-t para o período da manhã (entre 8-9h) de um dia típico. A Figura 7.5 apresenta a representação gráfica das equações obtidas e da revisão da literatura.

Tabela 7.3 – Correlação entre variáveis para Hospitais.

Variável Dependente (V)	Variável Independente	Correlação (Pearson)
Número de viagens por automóvel	Número de Leitos	0,35 (atração)
	Número de Funcionários	0,65 (atração)
	Área Construída	-0,13 (atração)

Tabela 7.4 – Modelo de atração de viagens para Hospitais.

Dimensão temporal		Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
8-9h	Dia Típico	Área Bruta Construída (ABC)	V = 0,006ABC	0,77	3,69	0,03	25.385 ≤ABC≤33725
		Número de Funcionários (NF)	V = 0,1NF	0,88	5,40	0,01	1.057≤NF≤3.000
		Número de Leitos (NL)	V = 0,54NL	0,82	4,22	0,01	280≤NL≤475

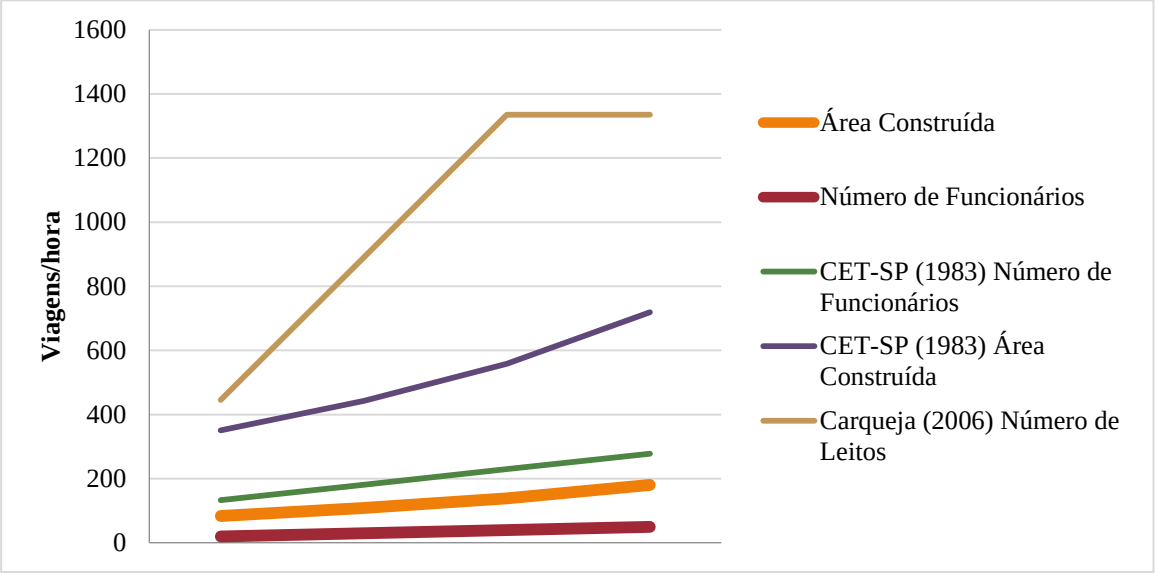


Figura 7.5 – Representação gráfica do modelo de atração de viagens para hospitais.

8 *SHOPPING CENTER*

Para Andrade e Portugal (2012b), os *shopping centers* são comumente contemplados nos estudos de impacto de vizinhança e geração de viagens pela capacidade de gerar viagens. Para Jacobsen *et al.* (2010), *shopping centers* são polos geradores de viagens que integram estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços em uma única estrutura.

Ainda segundo Jacobsen *et al.* (2010), "os modelos de geração de viagem diferem quanto às variáveis explicativas e à amostra utilizada para ajuste dos modelos". O modelo do ITE (2008) tem uma amostra maior que os modelos brasileiros. O modelo da CET-SP (2000) foi elaborado para a estimativa de viagens no município de São Paulo e é amplamente difundido. Como exemplo, o manual de PGT do DENATRAN (2001) recomenda a utilização dos modelos da CET-SP (2000) e Goldner (2004) para geração de viagens em *shopping centers*. Os principais modelos encontrados na literatura são CET-SP (1983), Conceição (1984), Cádenas (2003), Goldner (1994), Rosa (2003), Jacobsen *et al.* (2010). Estes modelos estão apresentados na Tabela 8.1.

A CET-SP (1983) utiliza a variável área para estimar o número médio de viagens de veículos atraídas por *shopping center*. Goldner (1994) desenvolve um modelo com 15 empreendimentos filiados à ABRASCE (Associação Brasileira de Shopping Centers). O modelo utiliza a área bruta locável e o tipo (com ou sem supermercado) como variáveis explicativas. O modelo proposto por Goldner (1994) é válido para *shopping center* com supermercado. A autora não encontrou uma equação satisfatória para o volume de veículos na sexta-feira em *shopping center* com supermercado e, neste caso, recomenda a utilização do valor de sábado, multiplicado por um fator de 0,74. Rosa (2003) desenvolve um modelo genérico com onze *shopping centers* no Brasil, que utiliza a área bruta locável e a renda média mensal como variáveis explicativas. Cádenas (2003) desenvolve um modelo para *shoppings* localizados em cidades de médio porte no interior do Estado de São Paulo, que retrata apenas as viagens realizadas por automóvel. A CET-SP (2011) atualiza os modelos desenvolvidos anteriormente pela mesma Companhia (CET-SP, 1983; 2001), utilizando dados de 24 *shoppings centers* em São Paulo. O modelo utiliza como variável explicativa a área computável, que

é a área construída subtraída das áreas de garagens, áticos e caixas d'água. Jacobsen *et al.* (2010) propõe um modelo de geração de viagens para Porto Alegre e região metropolitana.

Espejo (2001) obteve um índice para produção de viagens, por metro quadrado de área bruta locável, para dois *shoppings* de Caracas (Venezuela). Como o autor utiliza o número de veículos entrando e saindo do *shopping*, os valores são válidos apenas para viagens de automóvel e, indicam:

- V = 0,4302 por 100m^2 de ABL (viagens para o supermercado no shopping em um dia de semana típico);
- V = 0,23458 por 100m^2 de ABL (viagens para o shopping em um dia de semana típico);
- V = 0,69059 por 100m^2 de ABL (viagens para o supermercado no shopping em um sábado);
- V = 0,3160 por 100m^2 de ABL (viagens para o shopping em um sábado).

Outros modelos, não menos importantes, mas com características particulares, são listados em Andrade e Licínio (2012). Os mesmos autores apontam a falta de estudos em empreendimentos de pequeno e grande porte (acima de 100.000 m² de área bruta locável).

Tabela 8.1 – Modelos de geração de viagens para *Shopping Centers.*

Estudo	Amostra	Dimensão temporal	Equação	R^2
CET-SP (1983)		-	V = 0,25(0,124ABC + 1.550)	-
CET-SP (2000)	7	Sexta-feira	V = 0,28AC – 1.366,12	0,99
			V = 0,33AC – 2.347,55	0,99
CET-SP (2011)		Sexta-feira	V = 0,28AC – 1366,12	0,99
		Sábado	V = 0,33AC – 2347,55	
Cádenas (2003)	6	Sexta-feira	V = 0,2147ABL + 409,2308	0,9081
		Sábado	V = 0,273ABL + 1.190,423	0,8629
Goldner (1994)	15	Sexta-feira	V = 0,74 (0,3054ABL + 1.732,12)	-
		Sábado	V = 0,3054ABL + 1.732,7	0,89
ITE (2008)	302	Sexta-feira	$V = 8,9472ABL^{0,65}k$ ABL < 9.300, utilizar k = 1,189 9.300 < ABL < 27.900, utilizar k = 1,087 ABL > 27.900, utilizar k = 1,154	0,78
	123	Sábado	$V = 14,613ABL^{0,63}$	0,82
Rosa (2003)		Sábado	V = 0,6284ABC + 0,2966R – 4.002,12	-
Jacobsen *et al.* (2010)	6	Sexta-feira	V = -7,62 + 0,26ABL	0,75
		Sábado	V = -11,41 + 0,33ABL	0,70

Em que:

- V é o número de viagens atraídas;
- ABC representa a área bruta construída
- ABL representa a área bruta locável (m²);
- AC representa a área computável, que é a área construída subtraída das as áreas de garagens, áticos e caixas d'água;
- R representa a renda da região.

8.1 Modelo de Geração de Viagens: *Shopping Centers*

Para o desenvolvimento do estudo, foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 8.2, Figura 8.1 e Figura 8.2.

Tabela 8.2 – Dados dos *shopping center* analisados.

	Área Bruta Construída (m²)	Número de Vagas de Estacionamento	Área Bruta Locável (m²)	Área de Vendas (m²)
#1	178.862	1.870	37.093	-
#2	156.000	2.368	43.000	8.000
#3	159.778	2.214	44.359	9.773
#4	82.131	1.268	19.652	1.272
#5	182.681	3.710	45.596	9.000

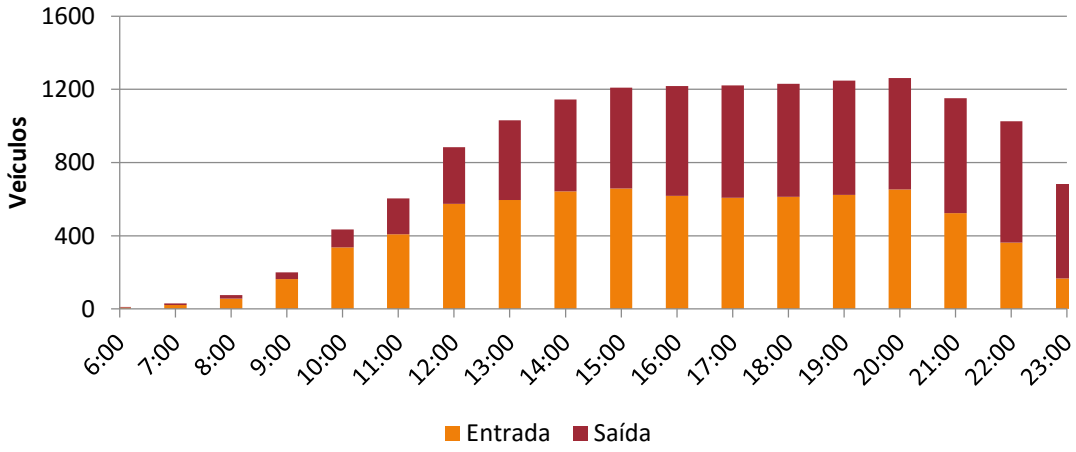


Figura 8.1 – Fluxo de entrada e saída para Shopping Centers.

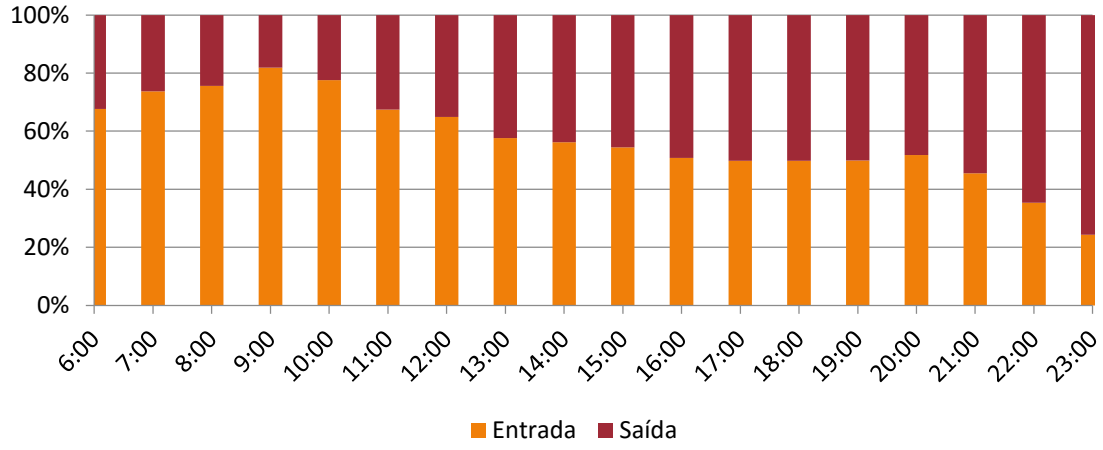


Figura 8.2 – Percentual de atração (entrada) e produção (saída) de viagens ao longo do dia.

A correlação entre as variáveis está apresentada na Tabela 8.3. As equações resultantes do modelo de geração de viagens para *Shopping Centers* estão apresentadas na Tabela 8.4. Todas as equações foram validadas pelo teste-t para o período de pico da tarde e estão representadas graficamente na Figura 8.3. Para determinar o número de viagens atraídas, multiplicar o resultado da equação por 0,52. Para determinar o número de viagens produzidas, multiplicar o resultado da equação por 0,48.

Tabela 8.3 – Correlação entre variáveis para *Shopping Centers*.

Variável Dependente (V)	Variável Independente	Correlação (Pearson)
Número de viagens por automóvel	Área Construída	0,48 (atração)
	Número de Vagas de Estacionamento	0,95 (atração)
	Número de Lojas	0,58 (atração)
	Capacidade da Sala do Cinema	0,85 (atração)

Tabela 8.4 – Modelo de geração de viagens para *Shopping Centers*.

Dimensão temporal	Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
19-20h Dia típico	Número de Vagas de Estacionamento (NV)	V = 0,58NV + 55,10	0,90	3,18	-1%	1.268 ≤ NV ≤ 3.710
	Área Bruta Construída (ABC)	V = 0,0089ABC	0,98	6,34	-8,1%	82.131 ≤ ABC ≤ 182.681
	Número de Lojas (NL)	V = 10,25NL	0,94	18,50	-8%	179 ≤ NL ≤ 300
	Capacidade da Sala do Cinema (CC)	V = 1,02CC	0,96	11,09	-3%	1.010 ≤ CC ≤ 2.037
	Área Bruta Construída (ABC) e Número de Vagas (NV)	V = 449,77 - 0,005ABC + 0,74NV	0,97	4,30	-0,3%	1.268 ≤ NV ≤ 3.710 82.131 ≤ ABC ≤ 182.681
	Número de Vagas (NV) e Número de Lojas (NL)	V = 191,98 + 0,61NV - 0,91NL	0,90	4,30	-0,8%	1.268 ≤ NV ≤ 3.710 179 ≤ NL ≤ 300

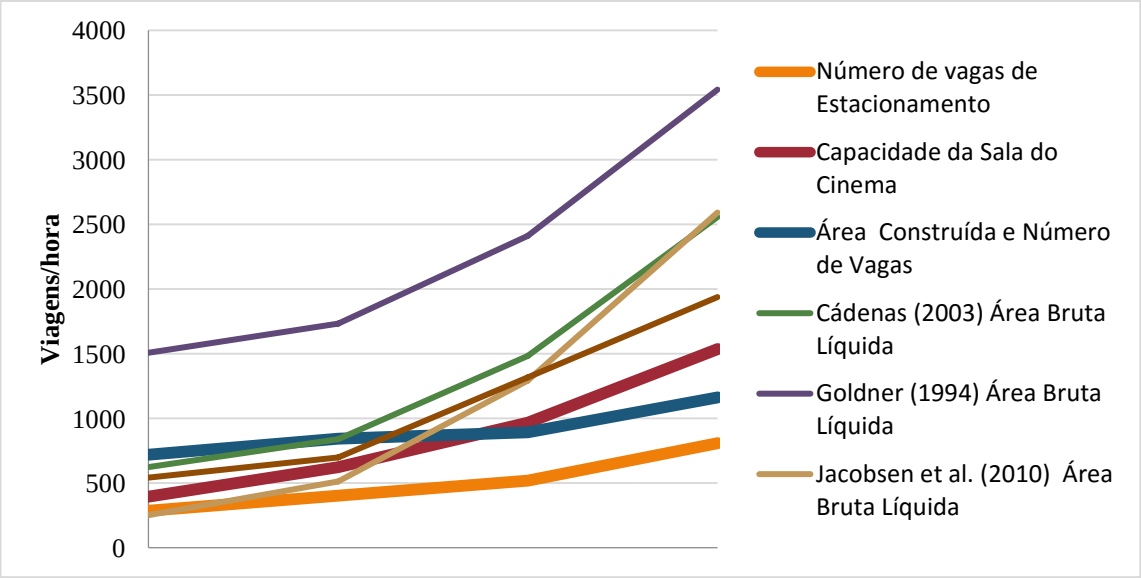


Figura 8.3 – Representação gráfica do modelo de geração de viagens para Shopping Centers.

9 SUPERMERCADOS

Galarraga et al. (2012) consideram supermercados como estabelecimentos comerciais que oferecem bens de consumo em sistemas de autoatendimento, com oferta de alimentos e produtos. Caso estes estabelecimentos tenham superfícies extensas e possuam classificação dos produtos por setores ou departamentos, estes são denominados de Hipermercados.

Para Galarraga et al. (2012), os critérios recomendados para estudos e análises de PGV tais como supermercados são o padrão, dimensão temporal e metodológica. O Padrão do PGV está relacionado ao tipo e porte. O tipo remete aos serviços oferecidos pelo empreendimento. O porte é definido pela área total construída, área de venda e quantidade de caixas. É recomendável que os modelos só sejam aplicados para estudar empreendimentos cujo porte se encontre entre os limites mínimos e máximos dos portes dos PGVs integrantes da amostra utilizada para elaboração do modelo. Em relação à dimensão temporal, é importante identificar o período do dia e o dia da semana em que as viagens analisadas foram realizadas.

O ITE (*Intitute of Transportation Engineers*, 2008) apresenta a classificação de alguns comércios com características similares aos hipermercados e supermercados, apresentada na Tabela 9.1, considerando a área total construída, em metros quadrados.

Existem vários trabalhos na literatura que versam sobre os supermercados como polo gerador de viagem, podendo-se destacar alguns: modelos de geração de viagens (CET-SP, 2000; Barbosa; Gonçalves, 2004; ITE, 2008); divisão modal e modelo de geração de viagens (Portugal; Goldner, 2003); metodologia para determinação de área de influência e modelo de geração de viagem (Silva, 2006); modelo de geração de viagens e estudo da repartição modal para Córdoba, Argentina (Galarraga, 2007). Todos eles estudaram cidades com mais de 500.000 habitantes; para as cidades de menor porte, Silva *et al.* (1995) pesquisaram vagas de estacionamento em supermercados na cidade de São Carlos (SP).

Tabela 9.1 – Classificação de comércios com características similares aos hipermercados e supermercados (ITE, 2008).

Código ITE	Denominação	Área Total Construída (m²)	Caracterização
813	*Free standing Discount Superstores*	12.000 a 23.000 m²	Hipermercado
814	Specifically retail center	1.000 a 15.000 m²	Pequenos centros comerciais sem alimentos
815	Free standing store	5.000 a 25.000 m²	Hipermercados sem uma completa oferta de alimentos
820	*Shopping center*	10.000 a 160.000 m²	Centros comerciais de grande porte. Comércios integrados em uma única unidade
850	*Supermarket*	2.000 a 12.000 m²	Supermercados
851/852	*Convenience Market*	100 a 400 m²	Comércio de pequeno porte
854	*Discount Market*	1.000 a 13.000 m²	Supermercado com desconto
862	*Home improvement superstore*	5.000 a 17.000 m²	Ferramentas, tintas, madeiras, materiais de construção, etc.
863	*Electronics superstore*	3.000 a 4.500 m²	TV, áudio, informática, aparelhos eletrônicos, etc.
869	*Discount home furnishing superstore*	10.000 a 50.000 m²	Comércio de grande porte. Produtos, móveis e equipamentos para o lar.

O ITE (2008) apresenta taxas e modelos de geração de viagens geradas por automóveis tendo como critério os tipos de produtos e serviços oferecidos e, não, o porte dos empreendimentos. Assim, é necessário adotar características similares aos hipermercados e supermercados. Hipermercados tem a característica de oferecer uma diversificada oferta de alimentos e setores, com mercadorias gerais, com preços mais baixos, dentro do mesmo prédio, com entradas e saídas comuns e estacionamento próprio. Os supermercados com descontos oferecem uma diversificada oferta de alimentos e produtos de limpeza e para o lar, todos com preços em promoção, alguns ficando abertos por 24 horas, fazem publicidade na mídia e possuem estabelecimentos de diversos tamanhos, distribuídos geograficamente em uma região. Os supermercados são comércios que possuem diversificada oferta de alimentos e produtos de limpeza e serviços para o lar, podendo ter livros e revistas, serviços de lavanderia ou tinturaria, floricultura, serviços bancários, centros de revelação fotográficas, farmácias e outros tipos de serviços.

Nos estudos realizados pelo ITE (2008) verificou-se que a variável independente mais representativa é a Área Total Construída (ATC), sendo a soma das áreas de cada pavimento, delimitadas pelas paredes externas do prédio, excluindo-se áreas de estacionamento e de carga e descarga de mercadorias. Nas taxas geradas pelo ITE (2008), *y* representa o número de viagens atraídas no dia e *x*, a área total construída. Para cada uma das tipologias/critérios apresentados acima, o ITE utiliza nove dimensões temporais nos estudos: Dia útil todo; Sábado todo; Domingo todo; Dia útil pela manhã, hora-pico da rua adjacente; Dia útil pela tarde, hora-pico da rua adjacente; Dia útil pela manhã, hora-pico do empreendimento; Dia útil pela tarde, hora-pico do empreendimento; Sábado, hora-pico do empreendimento; Domingo, hora-pico do empreendimento. Além disso, utiliza o critério de não considerar válidas as equações que apresentam R^2 menor que 0,5, e também desconsidera as relações onde o coeficiente da variável *x* for negativo. Além disso, considera que os valores das taxas de geração devem ser adotados com cautela quando os resultados forem obtidos de amostras menores que 4 empreendimentos observados.

Pearson *et al.* (2009) *apud* Galarraga *et al.* (2012) analisa as taxas de geração de viagens de 32 lojas da cadeia de hipermercados Walmart, selecionados estatisticamente por localização e porte. Os resultados dos estudos estão consolidados na Tabela 9.2.

Tabela 9.2 – Modelo de viagens para supermercados.

Estudo	Dimensão temporal		Porte (m^2)	Equação	R^2
ITE (2008)	10-12h	Dia útil	2.000 a 7.000	V=12,87x+109,76	0,91
CET (1983)	Hora-pico	-	-	Vv = (0,4ACo + 600)Ph	-
Barbosa e Gonçalves (2000)	Dia-pico	-	-	Vv= 383 + 0,316AVD + 907L	0,97
Silva (2006) e Silva e Silva (2006)	Dia-Pico	-	-	V=0,624AVD + 68.627DPP + 655,3ELI - 951	0,997
Galarraga *et al.* (2007)	17-20h	Dia útil	-	Ln (V) = 0,9224 Ln (ATC) - 2,447	0,56
	17-20h	Dia útil	-	Ln(V) = 1,0681 Ln (AVD) - 3,001	0,71
	17-20h	Dia útil	-	V = 36,1403 NCX - 861,30	0,85
	17-20h	Sábado	-	Ln(V) = 0,9351 Ln (ATC) – 2,185	0,56
	17-20h	Sábado	-	Ln (V) = 1,0799 Ln (AVD) - 2,750	0,71
	17-20h	Sábado	-	V = 54,5072 NCX - 1322,27	0,85
Freitas (2009), Freitas e Raia Junior (2008, 2011)	Hora-pico	-	-	V = 0,0309 ATC – 48	0,909
	Hora-pico	-	-	V = 0,0235 ATC+ 1,37 DDP - 49,3	0,950
	Hora-pico	-	-	V = 0,0199 ATC + 0,839 NVG - 76,5	0,949

A descrição das variáveis apresentadas na Tabela 8.2 estão listadas abaixo:

- X é a área total construída, em pés quadrados;
- V é o número de viagens atraídas;
- Vv = veículos atraídos na hora-pico;
- ACo = Área Comercial;
- Ph = percentual correspondente à hora pico;
- AVD = área de vendas;
- L = variável *dummy* para estabelecimentos com lojas anexas;
- DPP= densidade de população na área de influência primária (hab/m^2);
- ELI = extensão do limite da isócota correspondente à área de influência primária (km);
- ATC = área total construída;
- NCX = número de caixas;
- NVG = número de vagas de estacionamento.

A CET-SP (1983) considera a variável área comercial, que representa aproximadamente 60% da área total construída de um supermercado. Além disso, a CET-SP (1983) determina a quantidade média de veículos atraídos pelo PGV na hora-pico (Vv), considerando os valores apresentados na Tabela 9.3. No contexto de Belo Horizonte, Barbosa e Gonçalves (2000) analisaram dez supermercados, com dados obtidos junto à Associação Mineira de Supermercados (AMIS).

Tabela 9.3 – Percentual para a hora-pico em supermercados.

Área Comercial (ACo)	ACo/Área Produtos Básicos	Percentual para a hora-pico em supermercados
≤ 2.000 m²	1,0	0,08
> 2.000 m²	1,0	0,10
2.000 a 5.000 m²	1,0 a 2,0	0,10
2.000 a 5.000 m²	> 2,0	0,12
5.000 a 10.000 m²	1,0 a 2,0	0,12
5.000 a 10.000 m²	2,0 a 3,0	0,12
5.000 a 10.000 m²	> 3,0	0,20
> 10.000 m²	1,0 a 2,0	0,15
> 10.000 m²	> 2,0	0,20

9.1 Modelo de Geração de Viagens: Supermercados

Para o desenvolvimento do estudo foram analisados cinco empreendimentos localizados na cidade de Belo Horizonte, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 9.4.

Tabela 9.4 – Dados dos empreendimentos.

Empreendimento	Área bruta construída (m²)	Número de vagas de estacionamento	Número de caixas
#1	6.937	78	12
#2	8.910	173	15
#3	7.968	70	19
#4	10.016	109	15
#5	5.964	102	14

As contagens volumétricas para obtenção dos fluxos foram realizadas nas entradas/saídas dos empreendimentos, durante uma semana. A Figura 9.1 indica o percentual de atração e produção de viagens em uma sexta-feira, indicado como dia-pico pelas pesquisas. O horário-pico é entre 19-20h. A

Tabela 9.5 indica os percentuais de atração e produção em relação aos outros dias da semana.

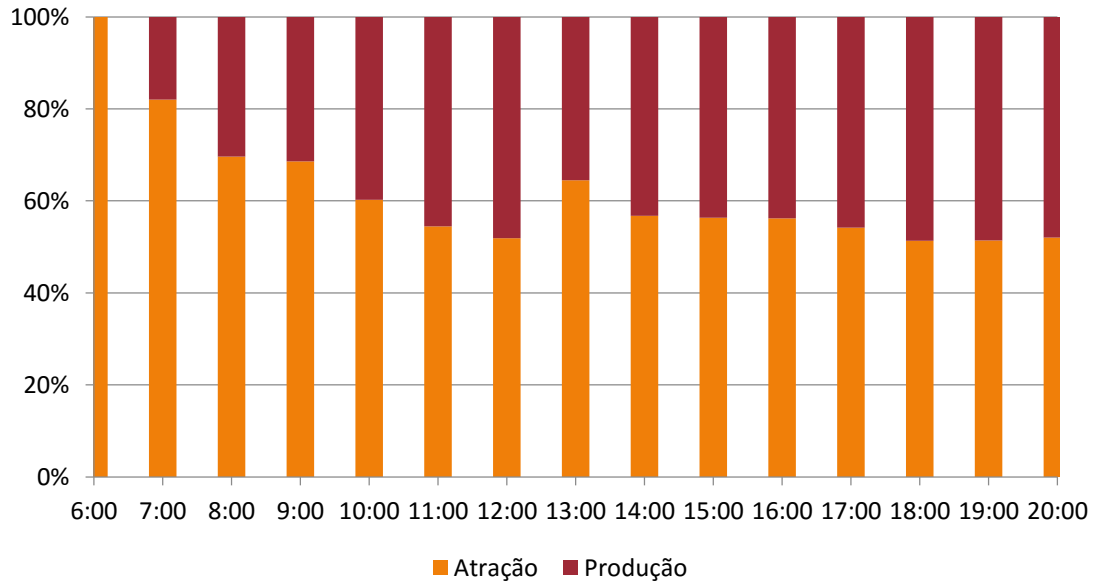


Figura 9.1 – Percentual de atração e produção de viagens em supermercados durante uma sexta-feira.

Tabela 9.5 – Percentuais de atração e produção de viagens em relação a sexta-feira.

Dia da semana	% Atração	% Produção
Segunda-feira	85%	78%
Terça-feira	81%	84%
Quarta-feira	90%	88%
Quinta-feira	86%	90%
Sexta-feira	100%	100%

A correlação entre as variáveis está apresentada na Tabela 9.6 Os resultados do modelo de atração de viagens para supermercados estão apresentados na Tabela 9.7. O modelo representa o número de viagens atraídas, de automóveis, em uma sexta-feira, entre 19-20h. Todas as equações foram validadas pelo teste-t. A Figura 9.2 apresenta a representação gráfica das duas primeiras equações e o modelo de Freitas (2009).

Tabela 9.6 – Correlação entre as variáveis para Supermercados.

Variável Dependente (V)	Variável Independente	Correlação (Pearson)
Número de viagens por automóvel	Área construída	0,37 (atração)
	Número de Vagas de Estacionamento	0,39 (atração)
	Número de *Checkout*	-0,71 (atração)

Tabela 9.7 – Modelo de atração de viagens para Supermercados.

Dimensão temporal	Variável	Equação	R^2	Teste-t	Validação	Domínio
19-20hh Sexta-feira	Área Bruta Construída (ABC)	V = 0,062ABC	0,81	2,77	-59%	5.965 ≤ ABC ≤ 10.016
	Número de Vagas de Estacionamento (NV)	V = 4,41NV	0,80	2,77	-35%	78 ≤ NV ≤ 173
	Número de check-out (NC)	V = 30,1NC	0,68	2,77	-67%	12 ≤ NC ≤ 19
	Área Bruta Construída (ABC) e Número de Vagas de Estacionamento (NV)	V = 0,036ABC + 1,932NV	0,82	3,18	-52%	5.965 ≤ ABC ≤ 10.016 78 ≤ NV ≤ 173
	Área Bruta Construída (ABC) e Número de check-out (NC)	V = 0,12ABC - 103,87NC +1.095	0,88	4,30	-0,4%	5.965 ≤ ABC ≤ 10.016 12 ≤ NC ≤ 19

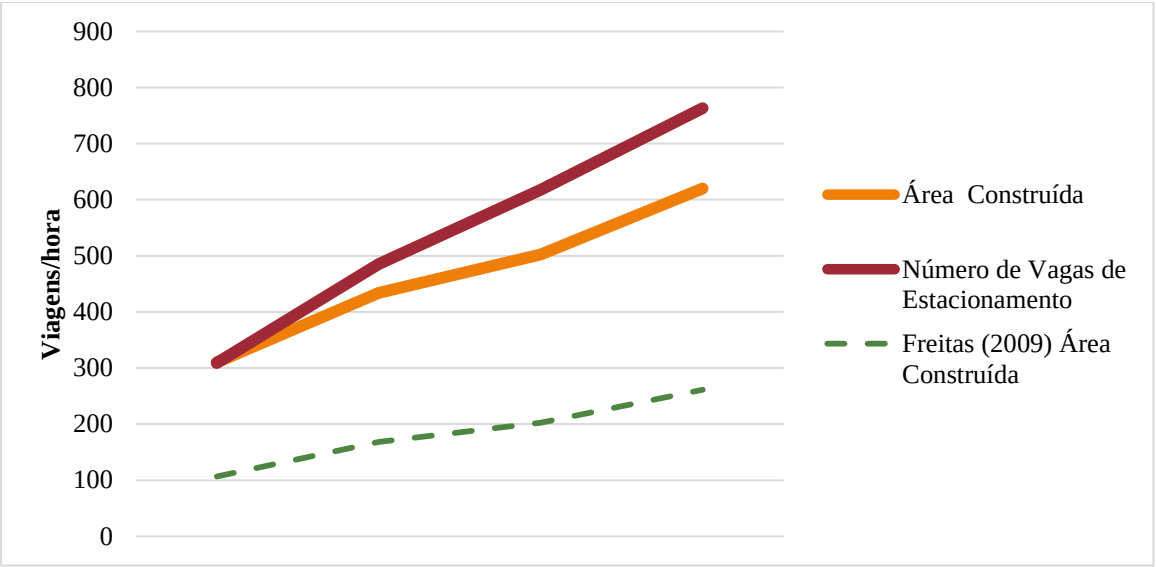


Figura 9.2 – Representação gráfica do modelo de atração de viagens para supermercados.

10 IMPACTO NO SISTEMA DE TRANSPORTE E MEDIDA MITIGADORA

A medida mitigadora do impacto gerado por PGVs está focada na minimização dos impactos no sistema de transporte (Giustina; Cybis, 2003). Belo Horizonte (2010), através da Lei n°9.959 de 20 de julho de 2010, prevê para as atividades causadores de repercussões negativas a adoção de medidas mitigadoras, em função da análise a característica da atividade, podendo ser:

- implantação de alternativa de estacionamento e controle de acesso de veículo a edificação;
- realização de medidas para viabilizar a carga e a descarga;
- realização de medidas para viabilizar embarque e desembarque.

Além disso, "é de responsabilidade do empreendedor a efetivação de medidas mitigadoras de impactos gerados pela instalação, construção, ampliação ou pelo funcionamento dos empreendimentos de impacto preponderantemente urbanísticos" (Belo Horizonte, 2010). Assim, com o objetivo de eliminar a subjetividade das solicitações e permitir ao empreendedor estimar o valor da medida mitigadora em relação ao impacto da implantação/ampliação do empreendimento no sistema de transporte de Belo Horizonte, propõe-se a metodologia de análise e cálculo apresentada na Figura 10.1 e detalhada a seguir.

Etapa 1	Análise do nível de serviço atual da via SEM o empreendimento i. Obtenção do fluxo atual da via ii. Cálculo do grau de saturação atual da via iii. Análise do nível de serviço determinação do nível de serviço SEM
Etapa 2	Análise do nível de serviço atual da via COM o empreendimento i. Adicionar ao fluxo atual, pelo menos 50% do fluxo gerado pelo modelo de geração de viagens, de acordo com o tipo de empreendimento ii. Determinar o grau de saturação atual da via
Etapa 3	Determinação do impacto com a implantação/ampliação do empreendimento i. Análise do incremento do nível de serviço da via ii. Identificação do impacto no sistema de transporte com a implantação/ampliaçãoo do empreendimento.
Etapa 4	Cálculo da medida mitigadora i. Determinação do percentual da medida mitigadora ii. Classificação do empreendimento utilizando o Custo Unitário Básico de Construção

Figura 10.1 – Metodologia para Cálculo da Medida Mitigadora.

A determinação da intersecção crítica deve considerar a área de influência do empreendimento, considerando os principais corredores de acesso e as principais vias de articulação da região no entorno do mesmo. O foco principal do estudo de capacidade viária deve ser centrado nas interseções da área de influência, identificando-se claramente aquelas que recebem os maiores fluxos de chegada e/ou saída do empreendimento. Dentre as interseções identificadas, deverá ser definida a interseção de fluxo crítico, cuja justificativa deve ser formulada sob a ótica da Engenharia de Tráfego. Na intersecção de fluxo crítico, será considerado o movimento (ou aproximação) que receberá o fluxo de veículos gerado pela implantação/expansão do empreendimento.

Assim, definidas a área de influência e a interseção crítica nesta área, iniciam-se as etapas metodológicas propostas neste artigo. Na etapa 1, determina-se o nível de serviço da interseção crítica sob influência do empreendimento que se pretende instalar e/ou ampliar. Para tanto, é necessário obter os principais fluxos na área de influência do PGV, considerando a hora pico do

funcionamento do empreendimento, por meio de pesquisa de contagem volumétrica classificada de veículos (detalhes de como proceder a pesquisa podem ser obtidos em Brasil, 2006).

A partir do fluxo das principais vias do entorno do empreendimento, é possível calcular o grau de saturação da interseção crítica da área de influência do PGV e, posteriormente, determinar o nível de serviço, considerando o modelo do Highway Capacity Manual (HCM, 2010). Para esta etapa, considerou-se, de forma simplificada, a relação entre o grau de saturação e o nível de serviço, conforme apresentado na Tabela 10.1.

Tabela 10.1 – Relação entre o grau de saturação da via e o nível de serviço da via.

Atraso (interseção não semaforizada)	Atraso (interseção semaforizada)	Grau de saturação da via	Nível de serviço da via (HCM, 2010)
≤ 10s	≤ 10s	≤ 0,35	A
10 – 15s	10 – 20s	0,36-0,50	B
15– 25s	20 – 35s	0,51-0,75	C
25– 35s	35 – 55s	0,76-0,90	D
35– 50s	55 – 80s	0,91-1,00	E
>50s	>80s	>1	F

No funcionamento do empreendimento, deve-se considerar que pelo menos 50% do fluxo gerado pelo empreendimento passará pela interseção de fluxo crítico. Caso um percentual maior que 50% do fluxo gerado passe pela interseção de fluxo crítico, considerar o percentual real, que poderá chegar a 100% do fluxo gerado. Em relação ao horário, deve-se considerar a hora-pico do sistema viário. O relatório e/ou o estudo de impacto na circulação deve apresentar memorial de cálculo detalhando a definição da área de influência, da interseção de fluxo crítico e respectivo nível de serviço.

Na etapa 3, avalia-se o impacto da implementação/ampliação do empreendimento no sistema viário. Para esta análise, considera-se o nível de serviço da interseção crítica antes/após a implementação/ampliação do empreendimento. Esta avaliação é feita considerando-se a informação apresentada na Tabela 10.2, por meio dos critérios apresentados a seguir:

- se com a implementação/ampliação do empreendimento, a intersecção crítica na área de influência permanecer com nível de serviço A, considera-se que o impacto é baixo;
- se a implementação/ampliação do empreendimento não modificar o nível de serviço da interseção crítica, considerar-se-á que o nível de serviço anterior foi mantido para a região em análise;
- se a implementação/ampliação do empreendimento modificar o nível de serviço, considera-se a seguinte relação de mensuração do impacto de forma progressiva:
    - baixo para médio-baixo, quando o nível de serviço alterar de A para B;
    - médio-baixo para médio, quando o nível de serviço alterar de B para C;
    - médio para médio-alto, quando o nível de serviço alterar de C para D;
    - alto, quando o nível de serviço alterar de qualquer nível para E ou F. Considera-se este caso crítico pois o nível de serviço da interseção crítica é severamente afetado pela implementação do empreendimento.

Tabela 10.2 – Matriz de impacto.

Nível de serviço	A	B	C	D	E	F
A	Baixo	Médio baixo	Médio	Médio alto	Alto	Alto
B		Médio baixo	Médio	Médio alto	Alto	Alto
C			Médio	Médio alto	Alto	Alto
D				Médio alto	Alto	Alto
E					Alto	Alto
F						Alto

Vale ressaltar que esta metodologia considera que a implementação e/ou ampliação de um empreendimento localizado em uma região com vias urbanas já congestionadas (nível de serviço E ou F) tem impacto alto, no intuito de desestimular a implementação de empreendimentos nestas áreas e/ou mitigar a repercussão negativa da implementação do empreendimento no tráfego urbano.

Para empreendimentos em processo de renovação da licença, o procedimento inverso será realizado:

- procede-se pesquisa de contagem volumétrica de veículos para determinar o nível de serviço da intersecção crítica da área de influência do empreendimento;
- calcula-se o número de viagens atraídas pelo empreendimento;
- subtrai-se o número de viagens atraídas pelo empreendimento do número total de viagens obtido pela pesquisa de contagem volumétrica de veículos (determinando o fluxo sem considerar o empreendimento);
- determina-se o nível de serviço (antes da implementação do empreendimento) e o nível de serviço com o empreendimento, avaliando o impacto na rede de transporte após o funcionamento do PGV;
- após isto, procede-se à etapa 4, conforme detalhamento a seguir.

Para a cidade de Belo Horizonte, definiu-se que a implementação e/ou ampliação de um empreendimento precisa contribuir com pelo menos 1% para a melhoria da mobilidade urbana da cidade, como medida compensatória. O máximo que um empreendimento contribuirá (nos casos mais extremos) para a compensação do impacto no tráfego urbano será de 5%. O percentual dependerá do impacto e está apresentado na Tabela 10.3.

Tabela 10.3 – Percentual da Medida Mitigadora.

Nível de serviço	A	B	C	D	E	F
A	1%	2%	3%	4%	5%	5%
B		2%	3%	4%	5%	5%
C			3%	4%	5%	5%
D				4%	5%	5%
E					5%	5%
F						5%

O Custo Unitário Básico teve origem através da Lei Federal n° 4.591 de 16 de dezembro de 1964, que determinou que “os sindicatos estaduais da indústria de construção civil ficam obrigados a divulgar mensalmente, até o dia 5 de cada mês, os custos unitários de construção a serem adotados nas respectivas regiões jurisdicionais, calculados com observância dos critérios e normas a que se refere o inciso I, do artigo anterior” (Brasil, 1964, artigo 54). Os critérios e normas, estabelecidos no artigo 53, são destinados para (Brasil, 1964, artigo 53):

- cálculo de custos unitários de construção, para uso dos sindicatos;
- execução de orçamentos de custo de construção;
- avaliação de custo global de obra.

A padronização dos empreendimentos, conforme Brasil (1964, artigo 53, inciso 1), atenderá ao número de pavimentos e existência de pavimentos especiais (como subsolo e pilotis) e ao padrão de construção que considera o acabamento, a qualidade dos materiais empregados, os equipamentos, número de elevadores e as inovações em conforto, além da área de construção[4]. O Apêndice B apresenta a descrição para o enquadramento do empreendimento segundo o Custo Unitário Básico, para cada um dos empreendimentos. Importante notar que o número de andares, apartamentos por unidade, vagas de garagem são as principais variáveis que implicam no enquadramento baixo, normal ou alto do empreendimento segundo o CUB. Para classificação dos empreendimentos, são necessárias determinar as variáveis apresentadas na Tabela 10.4.

[4] Na formação dos custos unitários básicos não é considerado os seguintes itens: fundações, submuramentos, paredes-diafragma, tirantes, rebaixamento de lençol freático; elevador(es); equipamentos e instalações, tais como: fogões, aquecedores, bombas de recalque, incineração, ar-condicionado, calefação, ventilação e exaustão, outros; *playground* (quando não classificado como área construída); obras e serviços complementares; urbanização, recreação (piscinas, campos de esporte), ajardinamento, instalação e regulamentação do condomínio; e outros serviços; impostos, taxas e emolumentos cartoriais, projetos: projetos arquitetônicos, projeto estrutural, projeto de instalação, projetos especiais; remuneração do construtor; remuneração do incorporador."

Tabela 10.4 – Variáveis para identificação do padrão empreendimento no Custo Unitário Básico.

Tipo de empreendimento	Variáveis	Unidade
Condomínios Residenciais	Área Bruta Construída	Metro quadrado
	Área Líquida	Metro quadrado
	Número de Vagas de Garagem	Unidade
	Número de Andares	Unidade
	Número de Apartamentos	Unidade
	Número de Blocos	Unidade
	Número de quartos por apartamento	Unidade
Supermercados Condomínios Comerciais	Área Bruta Construída	Metro quadrado
	Área Líquida	Metro quadrado
	Número de Vagas de Garagem	Unidade
	Número de Andares	Unidade
	Número de Salas	Unidade
	Número de Blocos	Unidade
Hotéis Hospitais Escolas e Institutos de Ensino Superior	Área Bruta Construída	Metro quadrado
	Área Líquida	Metro quadrado
	Número de Vagas de Garagem	Unidade
	Número de Andares	Unidade
	Número de Quartos, Enfermarias e/ou Salas	Unidade
	Número de Blocos	Unidade
Shopping Center	Área Bruta Construída	Metro quadrado
	Área Líquida	Metro quadrado
	Número de Vagas de Garagem	Unidade
	Número de Andares	Unidade

10.1 Exemplo de Aplicação da Metodologia

Considere um condomínio residencial a ser construído em determinada região da cidade de Belo Horizonte. As principais características deste condomínio são:

- Área Bruta Construída: 19.365,61 m^2;
- Área do apartamento: 90 m^2;
- Número de vagas de garagem: 303 vagas;
- Número de quartos: 440 quartos;
- Número de apartamentos: 120 apartamentos;
- Número de andares: 10 andares.

O volume da via sem o empreendimento, no horário pico, é de 1.068 veículos/hora e o modelo de geração de viagens indica a geração de 35 viagens/hora com a implantação do empreendimento. O grau de saturação da via sem o empreendimento é de 0,66 e com o empreendimento é de 0,67. Logo, o nível de serviço sem o empreendimento e com o empreendimento é D, com um impacto médio da implantação do empreendimento no sistema de transporte. Assim, o percentual da medida mitigadora é de 3%, conforme apresentado na Tabela 10.3.

As características do empreendimento (10 andares, 303 vagas de garagem, média de 3,66 apartamentos) permitem enquadrar o empreendimento como padrão alto. Em julho/2015[5], o CUB

[5]Informação que pode ser obtida em http://www.cub.org.br/

foi calculado em R$1.461.07/$m^2$. Assim, o valor da medida mitigadora para este empreendimento seria de 3% de R$2.829.451,70, que equivale a R$848.835,35.

A aplicação destes recursos deve ser revertida na melhoraria da mobilidade urbana da cidade de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, E. P.; Portugal, L. S. (2012a) Geração de viagens em PGVs, cap. 4, pg. 107-129. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Andrade, P. A. (2005) Análise de métodos de estimativa de produção de viagens em polos geradores de tráfego. Tese de Doutorado. UFRJ.

Andrade, P. A.; Portugal, L. S. (2012b) Shopping Centers, cap. 5, pg. 137-164. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Barbosa, H.M.; Gonçalves, R.C. (2000) Pólo Gerador de Tráfego: um estudo em supermercados. Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Gramado, v.1.

Belo Horizonte (1997) Lei N° 7.277, de 17 de janeiro de 1997. Institui a licença ambiental e dá outras providências.

Belo Horizonte (2010) Lei n° 9.959, de 20 de julho de 2010. Alterações na legislação urbanística municipal.

Bertazzo, A. B. S. (2008). Estimativa e Avaliação do Padrão de Viagens Geradas para Instituições de Ensino Médio. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF, 198p

Bertazzo, A. B. S., Jacques, M. A. P., Galarraga, J., Herz, M. (2014) Análise da evolução das taxas de geração de viagens publicadas pelo ITE para estabelecimentos de ensino. *Journal of Transport Literature,* 8 (3), 139-171.

Bertazzo, A. B. S.; Galarraga, J.; Herz, M.; Jacques, M. A. P. (2012) Estabelecimentos de Ensino, cap. 10, pg. 287-328. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Brasil (2002) Código de Trânsito Brasileiro. Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997.

Bruton, M. J. (1979) Introduction to Transportation Planning. Hutichinson & Co. Ltd.. UK

Cádenas, C. B. B. (2003) Geração de viagens e Demanda por Estacionamento em Shopping Centers no Interior do Estado de São Paulo. Tese de doutorado. USP, São Carlos.

Carqueja, H. L. (2006) Estudo da geração de viagens e de parâmetros para o dimensionamento de estacionamento e meio-fio para Hospitais na grande Florianópolis. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Castro, A. (2010) Pólos Geradores de Tráfego: Aplicação e Impactos nos Empreendimentos Residenciais em São Paulo. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

CET - SP Companhia de Engenharia de Tráfego (1983) Polos Geradores de Tráfego. Boletim Técnico nº 32. Prefeitura de São Paulo. 139 p.

CET -SP Companhia de Engenharia de Tráfego (2000) Polos Geradores de Tráfego II. Boletim Técnico nº 36. Prefeitura de São Paulo.

CET- SP Companhia de Engenharia de Tráfego (2011) Modelos de Atração de Automóveis por Shopping Center. Boletim Técnico nº 46. Prefeitura de São Paulo. 58 p.

Clifton, K. J.; Muhs, C. D., Currans, K. M. (2015) Adjusting ITE´s Trip Generation Handbook for urban context. *The Journal of Transport and Land Use,* 8 (1), 5-29.

Denatran (2001) Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego. Brasília: Denatran/FGV. Disponível em: <http://www.redpgv.ufrj.br>. Acesso em: 06/04/2010.

Espejo, C. P. L. (2001) Estimación de tasas de generación de viajes para actividades comerciales en el A.M.C.: propuesta metodológica. Dissertação de Mestrado. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Ferreira, P. R. (2013) Geração de viagens em condomínios residenciais multifamiliares de classe média na Região Metropolitana da Grande Vitória. Dissertação. UFES, Vitoria.

Galarraga, J.; Herz, M.; Albrieu, L.; Depiante, V.; Pastor, G. (2007) Características de las viajes em hipermercados de la ciudad de Córdoba, Argentina. Anais do XIV Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano. Rio de Janeiro.

Galarraga, J.; Herz, M.; Raia Junior, A. A.; Freitas, G. V. (2012) Hipermercados e Supermercados, cap. 12, pg. 373-420. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Giustina, C. D.; Cybis, H. B. B. (2003) Metodologias de análise para impactos de pólos geradores de tráfego. III Semana de Produção e Transportes. Porto Alegre.

Goldner, L. A. (1994) *Uma metodologia de impacto de shopping centers sobre o sistema viário urbano.* Tese de doutorado. UFRJ, Rio de Janeiro.

Goldner, L.G.; Silva, R.H. (1996) Uma análise dos supermercados como Pólos Geradores de Viagens. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Brasília, v. 1.

Gonçalves, F. S.; Lemos, D. S. C. P. S., Kneib, E. C., Portugal, L. S. (2012) Caracterização dos Polos Geradores de Viagens, cap. 1, pg. 5-43. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Gontijo, G. A. S. (2014) Modelos e Taxas de atração de viagens para PGVs-Hospitais Públicos localizados em Cidades de Médio Porte do interior do Estado de São Paulo. Tese. UFSCar, São Carlos.

Grando, L. (1986) A Interferência dos Polos Geradores de Tráfego no Sistema Viário: Análise e Contribuição Metodológica para Shopping Centers. Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro.

Grieco, E. P. (2010) Taxas de Geração de Viagens em Condomínios Residenciais – Niterói – Estudo de Caso. Monografia (Especialização). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Grieco, E. P.; Portugal, L. S. (2010) Taxa de geração de viagens em condomínios residências Niterói – estudo de caso. *Transportes*, 18(1) 87-95.

Grieco, E.; Marcolini, S.; Portugal, L.S.; Soares, O. (2012) Estabelecimentos Residenciais, cap. 7, pg. 207-236. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Herz, M.; Galarraga, J. (2014) Análisis de tasas y modelos para generación de viajes en hipermercados y supermercados. Journal of Transport Literature, vol. 8, n. 3, pp. 172-198.

ITE (2008) Trip Generation Handbook, An ITE recommended Practice. Institute of Transportation Engineers. Washington, DC

ITE (2010) Transportation Impact Analyses for Site Development – An ITE Recommended Practice. Institute of Transportation Engineers. Washington.

Jacobsen, A. C.; Cybis, H. B. B.; Lindau, L. A.; Pinto, A. B. (2010) Modelos de geração e variabilidade no volume diário de veículos em *shopping centers*. Transportes, 18(1), 105-113.

Kneib, E. C. (2004) Caracterização de empreendimentos geradores de viagens: contribuição conceitual à análise de seus impactos no uso, ocupação e valorização do solo urbano. Tese de M.Sc., Engenharia de Transportes, ENC/FT/UnB, Brasília, DF, Brasil.

Kneib, E. C.; Taco, P. W. G; Silva, P. C. M. S. (2009) Polos geradores de viagens e mobilidade: a evolução dos conceitos e da consideração dos impactos gerados. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 121, p. 65-80.

Macêdo, M. H.; Filizola, I. M; Souza, E. A. (2002) Polos Geradores de Tráfego: Estudo de um Agrupamento de Clínicas Médicas. In: XVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Anais. Natal, v. 02, p. 273-286.

Maia, M. L. A., Moraes, E. B. A., Sinay, M. C. F., Cunha, R. F. F. (2010) Licenciamento de polos geradores de viagem no Brasil. *Transportes*, 18(1), 17-26.

Marcolini, S. (2011) Ambiente Urbano e Geração de Viagens: Niterói, um Estudo de Caso. Dissertação. UFRJ, Rio de Janeiro.

Nishimori, F. T. I.; Raia Junior, A. A. (2011) Modelos de geração de viagens a prontos-socorros públicos. Anais do XXV ANPET. Belo Horizonte.

Nunes, J. L. (2005). Estudo da Demanda por Estacionamento em Instituições de Ensino Superior. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF, 167p

Pearson, D. F.; Bochner, B. S.; Ellis, P.; Ojah, M. I. (2009) Discount superstore trip generation. *ITE Journal*, 19, 6.

Pinto, C. R. S.; Pires, L. S.; Portugal, L. S.; Rubert, M. (2012) Megaeventos: Impactos e Estratégias de Transporte, cap. 18, pg. 599-635. In: Portugal, L. S. (2012) Polos Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Portugal, L.S.; Goldner, L.G. (2003). Estudo de Pólos Geradores de Viagens e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo.

Raia Junior, A. A.; Galarraga, J.; Albrieu, M. L.; Sanánez, J. C.; Gontijo, G. A. S.; Meza, A. R. (2012) Hospitais e Estabelecimentos de Saúde, cap. 11, pg. 329-370. In: Portugal, L. S. (2012) Polos

Geradores de Viagens orientados a Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens. Editora Interciência Ltda, 748 p.

Rosa, T. F. A. (2003) Variáveis socioeconômicas na geração de viagens para shopping centers. Dissertação de Mestrado. IME, Rio de Janeiro.

Santoro, P.F. (2003) Avaliar o Impacto de Grandes Empreendimentos. São Paulo. Instituto Pólis. Disponível em: www.polis.org.br. Acesso em 15 de maio de 2008.

São José dos Campos (2011) Manual técnico: procedimentos e parâmetros para elaboração do relatório de impacto no tráfego. Disponível em https://www.sjc.sp.gov.br/media/149734/manual_tecnico_pgt.pdf Acesso em 25 jun 2015.

Silva, A. N. R.; Rodrigues, M.O.; Pampolha, V.M.P (1995). Uma proposta para determinação do número de vagas para estacionamento em supermercados em função do nível de serviço desejável. Anais do IX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. São Carlos.

Silva, L. R. (2006). Metodologia de delimitação da área de influência dos pólos geradores de viagens para estudos de geração de viagens: um estudo de caso nos supermercados e hipermercados. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 169p.

Souza, S. C. F. (2007). Modelos para Estimativa de Viagens Geradas por Instituições de Ensino Superior. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, DF, 181p.

Spiegel, M. R. (1972) Estatística. Editora McGraw-Hill.

TECTRAN – Técnicos em Transporte Ltda (2003a). Relatório de Impacto na Circulação da Escola de Engenharia e da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: TECTRAN, 2003.

TECTRAN – Técnicos em Transporte Ltda (2003b). Estudo de Circulação e Estacionamento – Unidade Arcos – PUC Minas. Belo Horizonte: TECTRAN, 2003.

Toledo, A. F.; Demajorovic, J. (2006) Atividade Hospitalar: impactos ambientais e estratégias de ecoeficiência. INTERF ACHS. http://www.interfacehs.sp.senac.br/br/artigos.asp?ed=2&cod_artigo=29. Acesso em: 12 de ago de 2009.

Torquato, T. L. L.; Raia Júnior, A. A. (2013) Caracterização das viagens geradas por condomínios residenciais horizontais. *Ciência & Engenharia*, 22(2), 21-27.

Torquato, T. L. L.; Raia Júnior, A. A. (2014) Modelos de geração de viagens para condomínios residenciais horizontais. *Transportes*, 22(1), 56-64.