



Rede Ibero-Americana de Estudo em  
**Pólos Geradores de Viagens**



# CADERNOS

Polos Geradores de Viagens  
**Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental**

Estabelecimentos de Ensino

<http://redpgv.coppe.ufrj.br>



**Maria Alice Prudêncio Jacques**  
**Angela Bertazzo**  
UnB

**Jorge Galarraga**  
**Marcelo Herz**  
Un. Córdoba

Versão Outubro de 2011

# CADERNOS

Polos Geradores de Viagens  
**Orientados à Qualidade de Vida e Ambiental**

Estabelecimentos de Ensino

## **Agradecimentos**

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto “Rede Sulamericana em Transportes: Estudo em Polos Geradores de Viagens sintonizados com a Qualidade de Vida”, Edital MCT/CNPq 05/2007 – PROSUL.

Ao CNPq e à Faperj pelo apoio financeiro para o desenvolvimento do projeto “Núcleo de Pesquisa em Polos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” (Proc. n.º 170.001/2008), que foi aprovado pelo Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (Pronex) - ano de 2006.

Aos membros da “Rede Ibero-Americana de Estudos em Polos Geradores de Viagens” pela sua dedicação e compromisso com a produção e divulgação do conhecimento, permitindo a sua sistematização e facilitando o desenvolvimento deste Caderno.

À Marcela Rubert pelo trabalho qualificado e cuidadoso de revisão e formatação desta Publicação.

Ao Setor de Programação Visual da COPPE/UFRJ pela produção da capa e competência em buscar expressar graficamente alguns elementos principais que compõem o contexto desta pesquisa.

À todos os pesquisadores que vêm colaborando de diferentes formas e através de diferentes veículos, como pelo site <http://redpgv.coppe.ufrj.br>, sendo fundamentais para fortalecer e garantir a manutenção deste projeto coletivo.

## **Apresentação**

A “Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens” e o seu “Núcleo de Pesquisa em Pólos Geradores de Viagens e de seus Impactos orientados à Qualidade de Vida e ao Desenvolvimento Integrado” têm como um dos seus objetivos a produção de cadernos temáticos que tratam dos modelos e das taxas de geração de viagens de determinados tipos de equipamentos e empreendimentos. Esses cadernos foram organizados em quatro grandes módulos, conforme estrutura apresentada a seguir.

### **Módulo I**

#### **Introdução e Contextualização dos PGVs**

1. Caracterização dos Pólos Geradores de Viagens
2. Processo de Licenciamento de Polos Geradores de Viagens
3. Geração de Viagens: Introdução Teórica e Recomendações Práticas

### **Módulo II**

#### **Modelos e Taxas de Geração de Viagens de Automóveis**

4. Os *Shopping Centers* como Pólos Geradores de Viagens: Modelos e Taxas de Geração de Viagens
5. Estabelecimentos Institucionais
6. Estabelecimentos Residenciais
7. Os Hotéis como Pólos Geradores de Viagens
8. Terminal – Porto, Aeroporto, Rodoviária e Estação Metro-ferroviária
9. Estabelecimentos de Ensino
10. Hospitais
11. Hipermercados : Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
12. Escritório – Torres : Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
13. Polos Múltiplos : Caracterização e Modelos de Geração de Viagens
14. Eventos Especiais: Megaeventos Esportivos
15. Centros e Subcentros Urbanos : Padrões e Modelos de Viagens e Estacionamento

### **Módulo III**

#### **Modelos e Taxas de Geração de Viagens para outras Modalidades e Parâmetros de Interesse**

16. Pedestres: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
17. Bicicletas e Motos: Caracterização e Modelos de Previsão de Viagens
18. Modelos de Geração de Viagem para Pólos Geradores de Viagens de Carga
19. Transporte Público
20. Categorias de Viagens e Divisão Modal

### **Módulo IV**

#### **Síntese e Conclusões**

21. Síntese e Conclusões

Pretende-se que essas publicações reflitam o atual estado da arte, incorporando a produção científica disponível na bibliografia consultada. O tema do presente Caderno tem como foco os estabelecimentos de ensino, incluindo as escolas de ensino fundamental e médio, bem como as de ensino superior. A localização destes equipamentos urbanos, de importância fundamental para as cidades, precisa ser cuidadosamente definida de modo a permitir a seus usuários um acesso fácil e seguro. Também é importante conhecer os padrões de viagens em estabelecimentos de ensino existentes para estudar e implementar medidas de gerenciamento de mobilidade que contribuam para o transporte urbano sustentável.

# Índice

1. Introdução.....	7
2. Elementos de Análise .....	7
2.1. Dimensão Metodológica .....	9
2.2. Padrão do PGV .....	11
2.3. Dimensão Espacial.....	12
2.4. Padrão de Viagens.....	12
2.5. Dimensão Temporal .....	14
3. Descrição dos estudos.....	15
3.1 ITE (2008) .....	15
3.2. CET (1983) .....	28
3.3. CET (2000) .....	29
3.4. TECTRAN (2003a, 2003b, 2004) .....	35
3.5. Nunes (2005).....	37
3.6. Souza (2007).....	41
3.7 – HERZ et al (2007, 2009) .....	47
3.8. Bertazzo (2008) .....	50
4. Análise Comparativa dos Estudos .....	57
4.1. Dimensão metodológica .....	57
4.2. Padrão do PGV .....	58
4.3. Dimensão Espacial.....	59
4.4. Dimensão Temporal .....	60
4.5. Padrão de Viagens.....	60
5. Conclusões e Recomendações dos Estudos .....	61
Referências Bibliográficas .....	62

# Tabelas

Tabela 1 - Número de PGVs para pesquisa segundo seu objetivo (Fonte: ITE, 2001) .....	9
Tabela 2: Educação Infantil e primeiros anos de Ensino Fundamental (Fonte: ITE, 2008) .....	19
Tabela 3: Instituições de Ensino Fundamental, últimos três anos (Fonte: ITE, 2008) .....	20
Tabela 4: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente Número de Estudantes (Fonte: ITE, 2008).....	21
Tabela 5: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente Número de Empregados (Fonte: ITE, 2008) .....	22
Tabela 6: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente 1000 pés quadrados (Fonte: ITE, 2008).....	23
Tabela 7: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Ensino Profissional de Nível Superior– Variável Independente Número de Estudantes (Fonte: ITE, 2008).....	24
Tabela 8: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Ensino Profissional de Nível Superior– Variável Independente Número de Empregados (Fonte: ITE, 2008) .....	25
Tabela 9: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Nível Superior– Variável Independente 1000 de pés quadrados GFA (Fonte: ITE, 2008) .....	26
Tabela 10: Instituições de Ensino Superior (Fonte: ITE, 2008).....	27

Tabela 11: Divisão modal de viagens de alunos por grau de ensino X Alunos por auto (Fonte: CET, 2000) .....	32
Tabela 12: Divisão modal de viagens de funcionários X Funcionários por auto (Fonte: CET, 2000) .....	32
Tabela 13: Porcentagem de alunos por grau X Total de alunos de graus diferenciados por auto para escolas tipo A e B (Fonte: CET, 2000).....	33
Tabela 14: Porcentagem de alunos por grau X Total de alunos de graus diferenciados por auto para escolas tipo C (Fonte: CET, 2000).....	34
Tabela 15: Dados obtidos na amostra pesquisada para professores, alunos e classes (Fonte: CET, 2000) .....	34
Tabela 16: Taxa prevista de funcionários administrativos e apoio ao corpo docente e outros (Fonte: CET, 2000) .....	35
Tabela 17: Elementos dos estudos da TECTRAN analisados .....	37
Tabela 18: Dados gerais das IES integrantes da amostra (Fonte: Nunes, 2005).....	38
Tabela 19: Origem e modos de transporte utilizados pelos alunos (Fonte: Nunes, 2005).....	39
Tabela 20: Origem e modos de transporte utilizados pelos professores (Fonte: Nunes, 2005).....	39
Tabela 21: Origem e modos de transporte utilizados pelos funcionários (Fonte: Nunes, 2005) .....	40
Tabela 22: Características gerais das IES estudadas (Fonte: Souza, 2007) .....	42
Tabela 23: Limite superior e inferior dos períodos de pico de deslocamentos .....	42
Tabela 24: Média da partição modal para as IES estudadas na atração.....	43
Tabela 25: Média da partição modal para as IES estudadas na produção.....	43
Tabela 26: Taxas de geração de viagens para IES (Fonte: Souza, 2007) .....	45
Tabela 27: Modelos de geração de viagens para IES (Fonte: Souza, 2007) .....	46
Tabela 28: Características das Instituições de Ensino Superior (Universidades). Viagens diárias de pessoas e automóveis. Dia útil. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009) .....	47
Tabela 29: Viagens diárias de pessoas e escolhas modais. Dia útil. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009) .....	49
Tabela 30: Modelos mais certos para cada caso. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009) .....	50
Tabela 31: Modelo para viagens diárias de automóveis (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009) .....	50
Tabela 32: Instituições públicas integrantes da amostra.....	51
Tabela 33: Instituições privadas integrantes da amostra .....	51
Tabela 34: Limite superior e inferior dos períodos de pico de deslocamentos .....	52
Tabela 35: Média da partição modal para as IEMs estudadas na atração.....	53
Tabela 36: Média da partição modal para as IEMs estudadas na produção .....	53
Tabela 37: Taxas de geração de viagens .....	55
Tabela 38: Modelos de geração de viagens .....	56
Tabela 39: Resumo da análise comparativa – Dimensão metodológica.....	58
Tabela 40: Número de alunos das instituições incluídas nas amostras dos diferentes estudos .....	59
Tabela 41: Síntese dos modos de transporte considerados em cada estudo.....	61

## Figuras

Figura 1 - Inter-Relação dos Temas Tratados.....	8
--	---

## 1. Introdução

Os estabelecimentos de ensino constituem tipos especiais de Pólos Geradores de Viagens (PGVs). Ao mesmo tempo em que provocam impacto nas condições de circulação de veículos e pedestres na sua área de influência, sua localização, especialmente das instituições públicas, precisa atender as necessidades de acesso dos seus usuários, favorecendo seus deslocamentos em níveis aceitáveis de conforto e segurança.

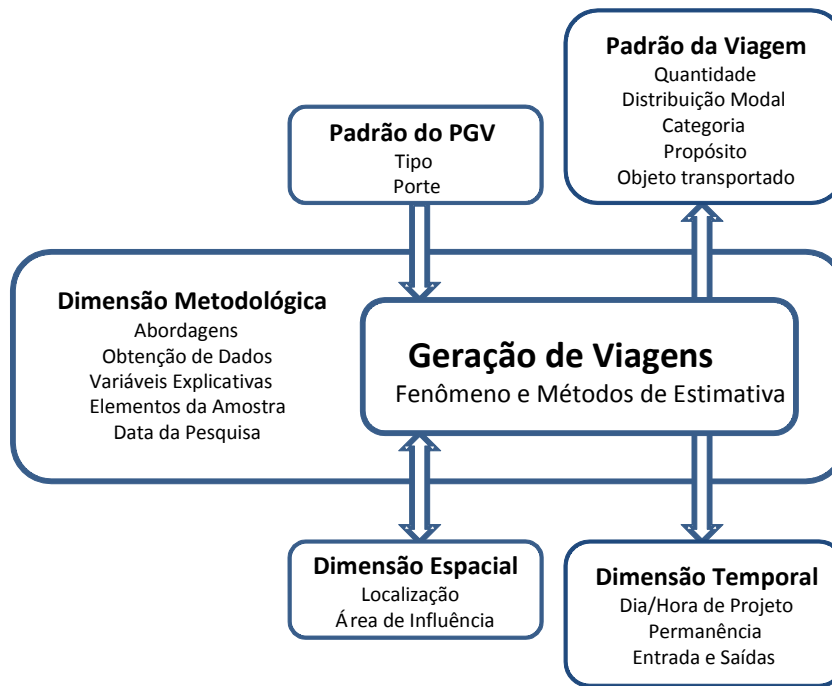
Uma das etapas mais importantes no estudo de impactos das instituições de ensino, e dos PGVs em geral, é a geração de viagens. Segundo Portugal e Goldner (2003), a partir da identificação do número de viagens geradas e da definição do dia e hora de projeto é que se elaboram as demais etapas no estudo de impactos dos PGVs.

Não obstante a extrema importância do estudo das instituições de ensino como PGVs, a produção científica referente à geração de viagens para esses pólos ainda é escassa. Assim, visando subsidiar e estimular futuros trabalhos na área, o presente Caderno está organizado em cinco seções. Inicia com a presente seção de introdução, e apresenta na seção 2 os critérios recomendados para a realização e análise de estudos voltados à determinação de modelos e taxas de geração de viagens de automóveis para instituições de ensino. Estes critérios aplicam-se, também, aos estudos da geração de viagens por outros modos. Nas duas seções seguintes o Caderno apresenta, respectivamente, a descrição dos trabalhos revisados e uma análise comparativa dos seus elementos e resultados. Na última seção são apresentadas as conclusões e as recomendações para futuros trabalhos.

Destaca-se que alguns dos estudos revisados incluem a determinação de taxas e modelos de geração de viagens por outros modos de transporte, além do automóvel. Embora os estudos envolvendo outras modalidades sejam objeto de cadernos específicos agrupados no Módulo III (ver seção de Apresentação), os modelos inseridos nos estudos revisados referentes às instituições de ensino que tratam de modos alternativos ao automóvel são também apresentados.

## 2. Elementos de Análise

Para efeito da análise de estudos de estimativa de viagens de automóveis geradas por instituições de ensino, serão considerados os cinco grandes campos mostrados na Figura 1, adotados em outros Cadernos do Módulo II. No detalhamento destes campos, entretanto, o foco será voltado para instituições de ensino.



**Figura 1 - Inter-Relação dos Temas Tratados**

(Fonte: Cadernos Os *Shopping Centers* como Polos Geradores de Viagens: Modelos e Taxas de Geração de Viagens, Caderno 4, 2009)

As instituições de ensino são PGVs com algumas características específicas que requerem cuidados especiais na análise do impacto que produzem sobre a circulação do tráfego nas vias próximas ao empreendimento. Os picos de geração de viagens desses pólos são, em geral, coincidentes com os picos de tráfego no sistema viário. Outro aspecto relevante é que as viagens geradas pelas instituições de ensino, similarmente ao que ocorre com as viagens realizadas com o propósito de trabalho, ocorrem de modo regular e previamente programado, especialmente nos dias úteis. Além disso, o tempo de permanência no empreendimento dos seus usuários regulares é elevado, o que impõem estudos complementares referentes à necessidade de vagas para estacionamento de longa duração.

Já no caso das instituições de ensino fundamental e médio, como o número de estudantes que chegam e partem dessas instituições em veículos conduzidos por terceiros é usualmente elevado, uma questão adicional relevante está relacionada ao número de operações de embarque e desembarque nas proximidades desses empreendimentos. Estas operações, se não forem realizadas em locais adequados, podem causar impacto significativo sobre a circulação do tráfego nas vias onde são realizadas.



## 2.1. Dimensão Metodológica

Ao analisar a dimensão metodológica é possível verificar os principais aspectos relacionados ao desenvolvimento dos modelos. A abordagem utilizada, os métodos empregados para a coleta dos dados, a seleção das variáveis explicativas, a definição da amostra de empreendimentos a ser considerada e a identificação da data em que a pesquisa foi realizada precisam ser conhecidos para que os resultados produzidos por cada modelo sejam considerados pelo usuário de forma contextualizada. Além disso, as limitações de cada modelo podem ser claramente identificadas a partir da análise desta dimensão.

Dentre as metodologias disponíveis na literatura para a estimativa das viagens geradas por PGV, a desenvolvida pelo *Institute of Transportation Engineering* (ITE, 2001) é a que mais tem orientado pesquisas acadêmicas nos países ibero-americanos. De acordo com essa metodologia, viagens geradas em um determinado período de tempo são as viagens atraídas e produzidas pelos PGVs durante este período. Neste contexto, viagens atraídas são aquelas que se destinam ao PGV e as viagens produzidas são as que se originam no PGV.

Para um dado tipo de PGV, após a definição da abrangência geográfica do modelo, a metodologia do ITE (2001) recomenda:

- Definição do tamanho da Amostra: o número mínimo de PGVs a serem estudados deve considerar o objetivo da pesquisa, de acordo com o recomendado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Número de PGVs para pesquisa segundo seu objetivo (Fonte: ITE, 2001)**

<b>Objetivo da Pesquisa</b>	<b>Tamanho da amostra mínima recomendado pelo ITE</b>
Estabelecer novas taxas locais de geração de viagens	3 locais (preferivelmente 5)
Validar as taxas do ITE <i>Trip Generation</i>	3 locais
Combinar a taxa de geração local com as do ITE <i>Trip Generation</i>	2 locais
Para submeter dados ao ITE	1 local

- Seleção dos PGVs: a escolha dos PGVs a serem analisados para efeito da determinação das taxas e modelos de geração de viagens deve assegurar que a amostra represente efetivamente a população alvo da pesquisa. Esta

representatividade está associada ao tamanho do empreendimento, à sua relação com os concorrentes, à rede de transportes existente e ao desenvolvimento da área onde o PGV se localiza.

- Definição das variáveis a serem estudadas: para estimar o número de viagens geradas em um local, é preciso identificar as variáveis que, em princípio, podem explicar a realização dessas viagens. Essas variáveis candidatas a variáveis explicativas dos modelos de geração de viagens estão, em geral, associadas ao porte e nível de utilização do empreendimento. Podem, também, refletir as condições da rede de transporte existente e as condições de uso e ocupação do solo na área de localização do PGV. Cuidados na seleção das variáveis incluem: seus valores devem ser obtidos a partir de um estudo primário e não serem derivados de dados secundários; pode ser prevista com segurança; deve estar relacionada com as características do tipo de PGV considerado.
- Período da Pesquisa: O ITE recomenda que seja escolhido um período adequado para coleta de dados, evitando-se a contagem em ocasiões excepcionais, incomuns à rotina do empreendimento. As viagens locais devem ser contadas, se possível, em um período de 7 dias, a fim de obter conhecimento da geração de viagens e seus picos nos dias úteis da semana e finais de semana. Nas pesquisas realizadas pelo ITE, os períodos de pico de tráfego das vias próximas foram analisados nos dias de semana e nos sábados e domingos. Nos institutos de ensino interessam prioritariamente os 5 dias úteis da semana.
- Coleta dos Dados: Diversas formas podem ser adotadas para a coleta dos dados, dentre as quais o ITE refere às realizadas por meio de: entrevistas com aos responsáveis pela operação do PGV, contagens automáticas ou manuais das entradas e saídas de veículos do empreendimento e aplicação de questionários aos usuários. Dependendo da variável que está sendo observada, uma ou outra forma é mais adequada do que as demais.
- Para a coleta do número de viagens geradas pelo empreendimento, por exemplo, o ITE adota a contagem *in loco* dos veículos chegando e partindo do empreendimento no período considerado. Nos estudos ibero-americanos relacionados a instituições de ensino, este número é geralmente obtido por meio de questionários aplicados aos usuários do empreendimento. Isto permite conhecer a distribuição modal e a ocupação dos automóveis.
- Análise dos dados: inicialmente deve ser feito um estudo da correlação estatística entre o número de viagens geradas e as variáveis estudadas,

identificando-se assim as variáveis explicativas da geração de viagem. Levando em conta as variáveis selecionadas, é possível então, determinar inicialmente as taxas de geração de viagens de automóveis e pessoas. Essas taxas representam o número médio de viagens geradas por unidade de uma variável explicativa específica. Nos casos em que o tamanho da amostra permitir, deve-se usar técnicas de análise de regressão para a obtenção de equações para a estimativa do número de viagens geradas. O ITE recomenda que equações com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) inferiores a 0,5 não devem ser utilizadas. Igualmente, para aqueles casos de coleta local de dados, o ITE recomenda utilizarem taxas médias ponderadas e equações de regressão.

O último aspecto da dimensão metodológica, aplicável à análise dos estudos já realizados, diz respeito à Data da Pesquisa. Trabalhos mais recentes, além de se beneficiarem de referências bibliográficas mais antigas, têm o potencial de refletir melhor situações as características atuais do padrão de viagens para o tipo de PGV a que se referem.

## **2.2. Padrão do PGV**

O padrão do PGV refere-se, basicamente, a dois aspectos: tipo e porte. No que diz respeito ao tipo, este Caderno tratará apenas de instituições de ensino. São consideradas aqui as instituições que oferecem formação de crianças e adultos nos diferentes níveis da educação formal, quer seja: ensino fundamental, ensino médio e ensino superior.

As instituições de ensino fundamental e médio apresentam características de funcionamento muito distintas às de ensino superior.

Como já foi dito, em geral, estudantes de ensino fundamental e médio não podem dirigir automóveis, razão pela qual devem usar outros modos de transporte ou ser transportados em veículos dirigidos por outros condutores. No caso do ensino superior essa limitante não é aplicável.

Quanto ao porte, relacionado ao número de freqüentadores regulares das instituições de ensino (estudantes, funcionários e professores) e/ou às dimensões da edificação (conforme o estudo) precisa ser cuidadosamente verificado para efeito da aplicação de um determinado modelo. Destaca-se que nos modelos do ITE, os funcionários e professores são considerados em conjunto, referidos como “empregados”. Já em diferentes estudos ibero-americanos, estes usuários são analisados em separado.

É recomendável que os modelos só sejam aplicados para estudar empreendimentos cujo porte se encontre entre o limite mínimo e o limite máximo do porte dos PGVs integrantes da amostra utilizada para a elaboração do modelo. Neste caso, a

avaliação do porte deve ser feita com base nos valores da(s) variável(eis) explicativa(s) do modelo.

### 2.3. Dimensão Espacial

Na avaliação dos modelos é importante identificar devidamente as características da área onde os PGVs da amostra estudada estão inseridos. Dentre outros aspectos, o tipo e ocupação do solo na área, as características do trânsito e do transporte público nas vias adjacentes, mesmo que não integrados diretamente nos modelos de estimativa, certamente têm impacto sobre a quantidade de viagens geradas.

Outro aspecto a avaliar diz respeito à identificação da área de influência do empreendimento. É importante verificar se os modelos analisados trazem referências à estimativa desta área e, em caso positivo, se utilizam os conceitos de linhas isócronas ou isócotas, que são (ver aplicação no trabalho de Corrêa e Goldner, 1999):

- **Isócronas:** linhas que ligam pontos com igual distância de viagem (em minutos) ao local do empreendimento, geralmente marcadas de 5 em 5 minutos. Essas linhas são traçadas com base nos tempos de viagem nas principais rotas que dão acesso ao local, considerando o horário de fluxo normal de veículos e observando a velocidade limite da via;
- **Isócotas:** linhas circulares, representando uma dada distância (em quilometro) ao local do empreendimento. São traçadas de 1 em 1 quilômetro.

### 2.4. Padrão de Viagens

O padrão de viagens realizadas para um dado PGV corresponde às principais características qualitativas das viagens, tais como: dia da semana e período do dia em que ocorre o maior número de viagens; distribuição das viagens por categoria de usuário; distribuição modal; distribuição das viagens segundo a origem, destino e motivo (Silveira, 1991). Estas características dependem de variáveis relacionadas ao PGV, tais como localização, oferta ao sistema de transporte, e disponibilidade de vagas para estacionamento; dependem, também, das características sócio-econômicas de seus usuários, como idade, renda, entre outras (Goldner, 1994).

Em síntese, é possível definir padrão de viagens como um conjunto de viagens realizadas por motivos distintos, por diferentes modos, dentro de um período fixo de tempo (Souza, 2007). Esse padrão é influenciado por variáveis relacionadas ao PGV e aos seus usuários.

É preciso destacar que as viagens geradas por pelas instituições de ensino (motivo ensino) têm duas características marcantes, bastante similares às viagens realizadas

pelo motivo trabalho: ocorrem de modo regular e programado (não por impulso) e em períodos do dia relativamente fixos, em geral coincidentes com os períodos de pico do tráfego no sistema viário. Isto é, conforme observado por Ewing *et al.* (2004), as viagens por motivo ensino são compulsórias. Isto indica que, mesmo que as viagens por motivo ensino não tenham base domiciliar, critério importante na classificação tradicional de viagens para indicar que o empreendimento de fato produziu a nova viagem, elas podem ser dominantes no plano de viagens diárias de cada indivíduo. Isto é, mesmo no caso de não ter base domiciliar, a ida à escola ocorre regularmente e é função da presença do empreendimento.

Por isso, para efeito de programas de gerenciamento da demanda, é importante que as características das viagens que antecedem e sucedem à ida para a escola sejam estudadas (encadeamento das viagens). Igualmente é importante considerar que crianças de ensino fundamental acostumam gerar duas viagens de ida e duas de volta, pois normalmente os pais levam e pegam eles nas escolas.

Para efeito do estudo de impacto de instituições de ensino como PGV, recomenda-se que o termo viagem primária (usualmente associado com viagens de base domiciliar) seja substituído por viagem específica (pode ou não ter base domiciliar). Ou seja, viagem específica é aquela realizada com o propósito específico de chegar ou sair da instituição. Assim, as viagens não motorizadas e/ou de transporte público realizadas pelos alunos, professores e funcionários (consideradas em termos de viagens de pessoas) são classificadas como viagens específicas.

Já as viagens motorizadas são classificadas em três categorias (adaptado de Souza, 2007): viagens específicas, viagens desviadas e viagens não desviadas (de passagem). Neste caso, as viagens específicas referem-se àquelas que:

(i) foram realizadas por condutor que frequenta a instituição, pressupondo um tempo de permanência do veículo no local. O veículo, portanto, chegará à instituição em um determinado horário, caracterizando somente uma viagem atraída, e deixará o local em outro horário, definindo uma viagem produzida. Conseqüentemente, serão referidas como viagens específicas com estacionamento.

(ii) foram realizadas com o fim específico de levar ou buscar usuários das instituições, por condutor que não frequenta a instituição. O veículo chega e parte da instituição no horário de início e/ou término das aulas, caracterizando no mesmo período duas viagens: uma viagem atraída e outra produzida. Essas viagens serão referidas como específicas sem estacionamento (como é o caso dos pais que levam e pegam as crianças nas escolas)

Para efeito da análise do impacto da implantação do PGV, as viagens não desviadas não são consideradas. Isto é, o impacto do PGV sobre a circulação de veículos nas

vias localizadas na área de influência do empreendimento decorre somente das viagens específicas, com e sem estacionamento, e das viagens desviadas. As necessidades de estacionamento dos veículos, por outro lado, é função direta do número de viagens específicas com estacionamento.

A quantidade de automóveis atraídos e gerados por estabelecimentos de esse tipo terá relação com a quantidade de viagens específicas com e sem estacionamento, e a quantidade de viagens desviadas. Neste caso, também deve considerar-se a possibilidade que vários alunos façam viagens juntos.

No que diz respeito às viagens realizadas por modo não-motorizado e por transporte público, todas devem ser consideradas para efeito da avaliação das condições de circulação dos pedestres e ciclistas nas proximidades do empreendimento. Isto é, o conhecimento das viagens geradas por esses modos é fundamental para assegurar condições adequadas de acessibilidade e segurança para a circulação dos mesmos.

Por essa razão, a análise dos modelos existentes para estimativa da geração de viagens deve verificar se consideram todos os modos de transporte ou limitam-se à geração de viagens por automóvel, como é o caso dos modelos do ITE (2008).

## **2.5. Dimensão Temporal**

Para efeito da análise dos modelos de geração, é importante identificar a dimensão temporal do padrão das viagens estudadas. Isto é, o período do dia e dia da semana em que as viagens analisadas foram realizadas. No caso das instituições de ensino, o período do dia a ser estudado deve coincidir com as entradas e saídas dos diferentes turnos de aulas em cada instituição, de modo a refletir o pico do impacto do PGV sobre o tráfego. Já o dia da semana, em princípio, não afeta o número de viagens geradas, diferenciado-se apenas em dias úteis e sábados (quando a escola funcionar neste dia).

Assim, para escolas que trabalham em turno integral, tem-se um horário de pico pela manhã e outro a tarde (é o que ocorre com os estudos do ITE). No caso das escolas que trabalham com turnos específicos, estudos realizados por Souza (2007) e Bertazzo (2008), sugerem que cada turno seja estudado em separado, como se fosse uma escola independente.

Um estudo complementar relevante para a análise do impacto do PGV diz respeito à permanência dos veículos no interior do empreendimento, fundamental para subsidiar o projeto do número de vagas de estacionamento. Também é importante conhecer em cada horário de pico, o número de veículos que chegam e deixam a escola (percentuais de entrada e de saída). Em situações com grande número de viagens

desviadas, a análise completa do impacto deve levar em conta os dois sentidos de viagem em cada horário.

No caso dos modelos do ITE, os modelos estimam o total de viagens geradas e, posteriormente, é informado o percentual dessas viagens que chegam e deixam a escola no horário considerado. Já em outros estudos verifica-se que para os horários de início de turno, por exemplo, só são modeladas as viagens atraídas, enquanto que no final do turno só são modeladas as viagens produzidas. Assim, na análise comparativa dos modelos é preciso identificar devidamente qual a situação considerada no estudo.

### 3. Descrição dos estudos

O propósito desta seção é apresentar estudos ibero-americanos realizados no contexto de instituições de ensino como pólos geradores de viagens, incluído modelos e taxas de geração de viagens bem como modelos para previsão do número de vagas de estacionamento. As taxas e modelos de geração de viagens referem-se, em alguns dos estudos considerados, não só ao modo “automóvel”. Eles contemplam, sobretudo, o modo “ônibus” e o “a pé”. A apresentação dos estudos será dar em ordem cronológica, e sua análise será realizada com base nas dimensões descritas na Seção 2.

Como o número desses estudos ainda é reduzido, optou-se por apresentar, como subseção inicial, os modelos do *Institute of Transportation Engineering* (ITE) referentes à geração de viagens para essas instituições.

#### 3.1 ITE (2008)

O *Institute of Transportation Engineers* (ITE), apresenta taxas e modelos de geração de viagens para diferentes tipos de pólos geradores. Estas taxas e modelos referem-se especificamente a viagens geradas por automóveis, correspondendo a soma das viagens veiculares que entram e saem do empreendimento. O ITE apresenta, também, a distribuição direcional das viagens (percentagens de entradas e saídas) para os diferentes períodos de geração analisados.

O ITE em sua publicação *Trip Generation* (8ª edição, 2008) apresenta taxas e modelos de geração de viagens para os seguintes tipos de instituições de ensino:

a) Instituições de Educação Infantil, antigo pré-escolar, e primeiros anos do Ensino Fundamental, antigo primeiro grau, (*Elementary School*), que atendem estudantes desde jardim de infância até os 11 anos de idade aproximadamente, código do uso do solo 520.

- b) Últimos três anos do Ensino Fundamental (*Middle School, Junior High School*), atendem estudantes com idade entre os 11 e 14 anos, código do uso do solo 522.
- c) Instituições de Ensino Médio (*High School*), atende alunos que completaram o Ensino Fundamental, com idade de até 18 ou 19 anos, código do uso do solo 530.
- d) Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Ensino Profissional de Nível Superior (diplomado de tecnólogo), que correspondem a estabelecimentos educativos que oferecem carreiras com duração de até 2 anos, código do uso do solo 540.
- e) Instituições de Ensino Superior (University/College), podendo incluir também cursos de Ensino Profissional de Nível Superior (diploma de tecnólogo) que oferecem carreiras com duração superior a 2 anos, código do uso do solo 550.

Essas pesquisas foram realizadas entre os anos 1970 e 2000, a longo dos Estados Unidos e Canadá. A quantidade de observações utilizada na geração das taxas e modelos são apresentados na coluna “Quantidade de Estudos” das Tabelas 2 a 10.

Nestas tabelas a variável dependente dos modelos (y) é a média das viagens realizadas em veículos. Quanto à variável independente (X), observa-se que em alguns casos é o número de estudantes, em outros o número de empregados, ou a quantidade de pés quadrados de superfície coberta (Gross Floor Area – GFA). Nos modelos desenvolvidos para as universidades, a variável GFA não foi considerada.

A superfície coberta, os empregados e o estacionamento variam consideravelmente de acordo com a população que está sendo servida e as características socioeconômicas da área. O número de alunos é considerado a base mais consistente para estabelecer taxas de geração de viagens.

### **Dimensão Espacial**

No documento do ITE não são apresentadas informações sobre a localização das instituições de ensino consideradas nos estudos que deram origem às taxas e aos modelos. Como os modelos não incluem variáveis referentes à localização dos empreendimentos, nem são apresentadas expressões distintas para instituições localizadas em regiões com uso e ocupação do solo diferenciados, não é possível avaliar devidamente a dimensão espacial dos estudos do ITE.

Entretanto, sabe-se que nos Estados Unidos e Canadá as Escolas de Educação Infantil e de Ensino Fundamental usualmente estão localizadas no centro das áreas residenciais, para facilitar o acesso dos estudantes e evitar o transporte de veículos particulares. O serviço de ônibus é previsto para aqueles estudantes que moram além de a uma distância específica do estabelecimento. Os estudantes de Ensino Fundamental usam mais o transporte escolar, ou são levados e pegados mais do que os alunos de Ensino Médio, que podem caminhar distancias mais longas, andas de bicicleta ou em alguns casos até conduzir até a escola.



## **Dimensão temporal**

Como o ITE apresenta taxas e modelos distintos para diferentes dias da semana e horários, a dimensão temporal da geração de viagens é explicitamente considerada.

A maioria das informações corresponde a dias úteis. A geração de viagens para os dias de fim de semana pode ser muito variável, portanto se recomenda precaução para a aplicação de taxas em esses períodos de tempo.

Em dias de semana, o horário pico matutino do gerador coincidiu com o horário pico da rua adjacente, portanto somente é amostrado um horário pico da manhã, que representa tanto o pólo gerador quanto a rua adjacente. Em dias de semana, o horário pico do pólo gerador na tarde varia entre as 14:00 às 16:00 horas.

Se somente se considerar o dia, a taxa e o modelo corresponderiam à geração diária. Não entanto, se considerar também a hora, a taxa e o modelo correspondem à geração horária. Sempre contemplando veículos de entrada e saída.

## **Padrão de Viagens**

Para as escolas de ensino fundamental, médio e superior a porcentagem de estudantes transportado em ônibus escolar varia consideravelmente. Algumas áreas revelaram taxas de viagem mais altas que a média, pois muitos estudantes usavam o serviço de transporte escolar disponível. Resulta desejável que futuras pesquisas forneçam informações sobre a porcentagem de alunos em ônibus e veículos particulares.

Para o caso das instituições de ensino superior também não são apresentadas informações referentes a viagens realizadas outros modos de transporte além do automóvel. Também não é feita qualquer distinção entre o padrão de viagens associados a estabelecimentos de ensino públicos e privados.

Os modelos e taxas de geração de viagens definidos pelo ITE (2008) são apresentados nas Tabelas 2 a 10. Nestas tabelas, além da indicação da variável dependente ( $y$ ) e da variável independente ( $x$ ) de cada modelo/taxa, são apresentados: o dia e horário de realização da pesquisa; a quantidade de pesquisas em cada caso; o número médio da variável independente ( $x$ ); a distribuição direcional; a taxa média de geração e seu desvio-padrão; a equação de ajuste por regressão; e o correspondente coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

No caso dos últimos três anos de Ensino Fundamental, é importante perceber, como mostra a Tabela 3, a impossibilidade de encontrar um modelo matemático que represente satisfatoriamente a correlação entre as distintas variáveis independentes estudadas e as viagens produzidas (os  $R^2$  obtidos resultam menores a 0,50). De todos os casos estudados somente em duas ocasiões (sempre com a variável "X= empregados") obtiveram-se ajustes razoáveis, e mesmo nesses casos os

correspondentes coeficientes  $R^2$  são bastante baixos (o mais alto é de 0,62). Em conclusão a dispersão dos dados é muito alta, tornando a previsão de viagens pouco precisa.

As Tabelas 4, 5, 6 correspondem a Instituições de Ensino Médio (*High School*). A característica de destaque da pesquisa sobre geração de viagens neste tipo de escolas é a impossibilidade de encontrar um modelo matemático que represente satisfatoriamente a correlação entre as distintas variáveis independentes estudadas e as viagens geradas. De todos os casos estudados, só em duas oportunidades (variável “X = empregados” e “X = estudantes, sempre em “dias de semana”) pode-se obter uma equação da curva, mesmo assim seus correspondentes coeficientes  $R^2$  são baixos (o mais alto é de 0,56). Apesar de ter realizado numerosos estudos em condições desiguais, a dispersão dos dados é muito alta, tornando imprecisa a previsão de geração de viagens.

As Tabelas 7, 8 e 9, correspondem a “Ensino Profissional de Nível Médio” e “Ensino Profissional de Nível Superior”. É importante sinalar a impossibilidade de encontrar regressões que ajustem os dados com um  $R^2$  maior que 0,50 em quatro (4) dos nove (9) estudos com X = número médio de empregados, e na totalidade dos estudos onde X = número de 1000 pés quadrados de GFA médio. Isso indica que não foi possível estabelecer um modelo matemático que represente com razoável certeza a geração de viagens em função de estas variáveis de acordo com as condições definidas no caso.

A Tabela 10 resume a informação correspondente a instituições de Ensino Superior, podendo incluir também cursos de Ensino Profissional de Nível Superior. Nesta tabela verificam-se modelos com  $R^2$  bastante elevados, especialmente os que têm como variável independente o número de estudantes. É importante sinalar que dois (2) dos modelos apresentam  $R^2$  igual a um (1), tendo um número de estudos superior a cinco (5), é dizer um ajuste quase perfeito para uma quantidade de dados importantes.

**Tabela 2: Educação Infantil e primeiros anos de Ensino Fundamental (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana	33	620	50% entrada; 50% saída.	1,29	1,26	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (1)	48	630	55% entrada; 45% saída.	0,45	0,70	$\text{Ln}(Y) = 1,14\text{Ln}(X) - 1,86$	0,50
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (2)	20	687	49% entrada; 51% saída.	0,15	0,40	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (3)	44	642	45% entrada; 55% saída.	0,28	0,54	$\text{Ln}(Y) = 1,09\text{Ln}(X) - 1,92$	0,54
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana	31	50	50% entrada; 50% saída.	15,71	6,99	$Y = 19,87(X) - 207,96$	0,71
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (1)	35	50	54% entrada; 46% saída.	5,37	3,34	$Y = 7,91(X) - 127,63$	0,66
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (2)	13	65	49% entrada; 51% saída.	1,81	1,69	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (3)	32	50	44% entrada; 56% saída.	3,45	2,26	$Y = 3,39(X) + 2,91$	0,58
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana	34	57	50% entrada; 50% saída.	15,43	7,81	$\text{Ln}(Y) = 1,06\text{Ln}(X) + 2,37$	0,62
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (1)	35	58	56% entrada; 44% saída.	5,20	3,54	$\text{Ln}(Y) = 1,20\text{Ln}(X) + 0,66$	0,63
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (2)	10	84	45% entrada; 55% saída.	1,21	1,20	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (3)	35	58	44% entrada; 56% saída.	3,11	2,17	$\text{Ln}(Y) = 0,89\text{Ln}(X) + 1,50$	0,55

**Referências:** (1): Horário de pico da manhã. (2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e 18:00. (3): Horário de pico do pólo gerador; a tarde. **GFA:** *Gross Floor Area*, é a soma, em mil pés quadrados, da área interna do prédio, incluindo as paredes, normalmente não inclui o teto.

**Tabela 3: Instituições de Ensino Fundamental, últimos três anos (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana	20	904	50% entrada; 50% saída.	1,62	1,45	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (1)	25	876	55% entrada; 45% saída.	0,54	0,80	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (2)	15	963	49% entrada; 51% saída.	0,16	0,41	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (3)	24	825	45% entrada; 55% saída.	0,31	0,57	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana	16	77	50% entrada; 50% saída.	16,39	8,48	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (1)	21	76	54% entrada; 46% saída.	5,30	3,64	Y= 9,25(X) - 300,80	0,54
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (2)	9	90	50% entrada; 50% saída.	1,94	1,72	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (3)	18	75	38% entrada; 62% saída.	2,97	2,04	Y= 4,03(X) - 79,35	0,62
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana	20	106	50% entrada; 50% saída.	13,78	9,07	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (1)	21	107	55% entrada; 45% saída.	4,35	4,19	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (2)	9	116	52% entrada; 48% saída.	1,19	1,19	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (3)	21	107	45% entrada; 55% saída.	2,52	2,30	-----	----

**Referências:** (1): Horário de pico da manhã. (2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e 18:00. (3): Horário de pico do pólo gerador; a tarde. **GFA:** *Gross Floor Area*, é a soma, em mil pés quadrados, da área interna do prédio, incluindo as paredes, normalmente não inclui o teto.

**Tabela 4: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente Número de Estudantes (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana	51	1382	50% entrada; 50% saída.	1,71	1,49	$\ln(Y) = 0,81 \ln(X) + 1,86$	0,54
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (1)	68	1292	68% entrada; 32% saída.	0,42	0,68	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (2)	40	1352	47% entrada; 53% saída.	0,13	0,37	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (3)	68	1292	33% entrada; 67% saída.	0,29	0,55	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Sábado	20	1523	50% entrada; 50% saída.	0,61	0,88	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Sábado (4)	20	1523	64% entrada; 36% saída.	0,11	0,34	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Domingo	20	1523	50% entrada; 50% saída.	0,25	0,54	-----	----
Média viagens em veículo	Estudantes	Domingo (4)	20	1523	41% entrada; 59% saída.	0,04	0,22	-----	----

**Referências:**

(1): Horário de pico da manhã.

(2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.

(3): Horário de pico do pólo gerador; a tarde.

(4): Horário de pico do pólo gerador.

**Tabela 5: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente Número de Empregados (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana	51	119	50% entrada; 50% saída.	19,74	7,95	$\ln(Y) = 1,13 \ln(X) + 2,31$	0,56
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (1)	53	118	70% entrada; 30% saída.	4,68	2,88	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (2)	25	134	54% entrada; 46% saída.	1,55	1,39	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (3)	53	118	31% entrada; 69% saída.	3,23	2,08	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Sábado	20	141	50% entrada; 50% saída.	6,57	5,21	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Sábado (4)	20	141	64% entrada; 36% saída.	1,22	1,38	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Domingo	20	141	50% entrada; 50% saída.	2,68	2,89	-----	----
Média viagens em veículo	Empregados	Domingo (4)	20	141	41% entrada; 59% saída.	0,48	0,85	-----	----

**Referências:**

(1): Horário de pico da manhã.

(2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.

(3): Horário de pico do pólo gerador; à tarde.

(4): Horário de pico do pólo gerador.

**Tabela 6: Instituições de Ensino Médio – Variável Independente 1000 pés quadrados (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana	43	196	50% entrada; 50% saída.	12,89	7,17	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (1)	44	194	71% entrada; 29% saída.	3,06	2,36	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (2)	22	225	54% entrada; 46% saída.	0,97	1,11	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (3)	44	194	31% entrada; 69% saída.	2,12	1,74	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Sábado	20	212	50% entrada; 50% saída.	4,37	3,67	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Sábado (4)	20	212	64% entrada; 36% saída.	0,81	1,08	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Domingo	20	212	50% entrada; 50% saída.	1,79	2,26	-----	----
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Domingo (4)	20	212	41% entrada; 59% saída.	0,32	0,68	-----	----

**Referências:**

(1): Horário de pico da manhã.

(2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.

(3): Horário de pico do pólo gerador; à tarde.

(4): Horário de pico do pólo gerador.

**GFA:** *Gross Floor Area*, é a soma, em mil pés quadrados, da área interna do prédio, incluindo as paredes, normalmente não inclui o teto.

**Tabela 7: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Ensino Profissional de Nível Superior– Variável Independente Número de Estudantes (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Estudantes.	Da semana	6	10336	50% entrada; 50% saída.	1,20	1,15	$\ln(Y) = 0,89 \ln(X) + 1,24$	0,84
Média viagens em veículo	Estudantes.	Da semana (1)	5	11933	82% entrada; 18% saída.	0,12	0,34	$\ln(Y) = 0,64 \ln(X) + 1,31$	0,99
Média viagens em veículo	Estudantes.	Da semana (2)	5	11933	64% entrada; 36% saída.	0,12	0,34	$\ln(Y) = 0,53 \ln(X) + 2,26$	0,55
Média viagens em veículo	Estudantes.	Da semana (3)	6	10336	65% entrada; 35% saída.	0,12	0,35	$\ln(Y) = 0,78 \ln(X) + 0,03$	0,98
Média viagens em veículo	Estudantes.	Da semana (4)	6	10336	55% entrada; 45% saída.	0,12	0,35	$\ln(Y) = 0,99 \ln(X) - 1,98$	0,83
Média viagens em veículo	Estudantes.	Sábado	3	13503	50% entrada; 50% saída.	0,42	0,66	-----	---
Média viagens em veículo	Estudantes.	Sábado (5)	3	13503	57% entrada; 43% saída.	0,05	0,23	-----	---
Média viagens em veículo	Estudantes.	Domingo	3	13503	50% entrada; 50% saída.	0,04	0,22	-----	---
Média viagens em veículo	Estudantes.	Domingo (5)	3	13503	46% entrada; 54% saída.	0,01	0,09	-----	---

**Referências:**

- (1): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 07:00 e as 09:00
- (2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.
- (3): Horário de pico do pólo gerador; de manhã.
- (4): Horário de pico do pólo gerador; à tarde.
- (5): Horário de pico do pólo gerador



**Tabela 8: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Ensino Profissional de Nível Superior– Variável Independente Número de Empregados (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana	4	740	50% entrada; 50% saída.	15,55	7,62	$Y = 11,27(X) + 3163,13$	0,84
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (1)	3	913	74% entrada; 26% saída.	1,64	1,35	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (2)	3	913	58% entrada; 42% saída.	1,39	1,32	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (3)	4	740	50% entrada; 50% saída.	1,75	1,38	$Y = 1,40(X) + 259,04$	0,92
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (4)	4	740	44% entrada; 56% saída.	1,49	1,36	$Y = 1,14(X) + 259,59$	0,85
Média viagens em veículo	Empregados	Sábado	3	913	50% entrada; 50% saída.	6,16	3,41	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Sábado (5)	3	913	57% entrada; 43% saída.	0,78	0,91	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Domingo	3	913	50% entrada; 50% saída.	0,66	1,05	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Domingo (5)	3	913	46% entrada; 54% saída.	0,11	0,35	-----	---

**Referências:**

- (1): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 07:00 e as 09:00
- (2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.
- (3): Horário de pico do pólo gerador; de manhã.
- (4): Horário de pico do pólo gerador; à tarde.
- (5): Horário de pico do pólo gerador

**Tabela 9: Instituições de Ensino Profissional de Nível Médio e Nível Superior– Variável Independente 1000 de pés quadrados GFA**

(Fonte: ITE, 2008)

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIABLE INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECC.	TAXA MÉDIA.	DESVÍO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana	4	419	50% entrada; 50% saída.	27,49	9,41	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (1)	3	501	74% entrada; 26% saída.	2,99	1,97	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (2)	3	501	58% entrada; 42% saída.	2,54	1,68	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (3)	4	419	50% entrada; 50% saída.	3,09	2,05	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Da semana (4)	4	419	44% entrada; 56% saída.	2,64	1,82	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Sábado	3	501	50% entrada; 50% saída.	11,23	4,84	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Sábado (5)	3	501	57% entrada; 43% saída.	1,42	1,28	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Domingo	3	501	50% entrada; 50% saída.	1,21	1,12	-----	---
Média viagens em veículo	1000 pés <sup>2</sup> GFA.	Domingo (5)	3	501	46% entrada; 54% saída.	0,20	0,45	-----	---

**Referências:**

(1): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 07:00 e as 09:00

(2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.

(3): Horário de pico do pólo gerador; de manhã.

(4): Horário de pico do pólo gerador; à tarde.

(5): Horário de pico do pólo gerador

**GFA:** *Gross Floor Area*, é a soma, em mil pés quadrados, da área interna do prédio, incluindo as paredes, normalmente não inclui o teto.

**Tabela 10: Instituições de Ensino Superior (Fonte: ITE, 2008)**

VARIÁVEL DEPEND. (Y)	VARIÁVEL INDEPEND. (X)	DIAS E HRS. ESTUDO	QUANTIDADE E ESTUDOS	NÚMERO MÉDIO X	DISTRIB. DIRECIONAL	TAXA MÉDIA	DESVIO PADRÃO	EQUAÇÃO DA CURVA	R <sup>2</sup>
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana	7	3002	50% entrada; 50% saída.	2,38	1,57	$Y = 2,23(X) + 440,00$	0,98
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (1)	6	9545	80% entrada; 20% saída.	0,21	0,46	$Y = 0,21(X) - 69,14$	1,00
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (2)	8	7327	30% entrada; 70% saída.	0,21	0,46	$Y = 0,19(X) + 118,58$	1,00
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (3)	5	2463	75% entrada; 25% saída.	0,20	0,45	$\ln(Y) = 0,85\ln(X) - 0,35$	0,95
Média viagens em veículo	Estudantes	Da semana (4)	5	2463	30% entrada; 70% saída.	0,24	0,49	$Y = 0,20(X) + 100,48$	0,97
Média viagens em veículo	Estudantes	Sábado	2	2749	50% entrada; 50% saída.	1,30	---	-----	---
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana	5	639	50% entrada; 50% saída.	9,13	7,03	$\ln(Y) = 0,74\ln(X) + 3,92$	0,78
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (1)	4	779	82% entrada; 18% saída.	0,73	1,02	$\ln(Y) = 0,64\ln(X) + 2,08$	0,64
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (2)	4	779	29% entrada; 71% saída.	0,88	1,15	$\ln(Y) = 0,52\ln(X) + 3,12$	0,52
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (3)	5	639	75% entrada; 25% saída.	0,78	1,07	$\ln(Y) = 0,62\ln(X) + 2,30$	0,72
Média viagens em veículo	Empregados	Da semana (4)	5	639	30% entrada; 70% saída.	0,91	1,17	$\ln(Y) = 0,61\ln(X) + 2,53$	0,69
Média viagens em veículo	Empregados	Sábado	2	1143	50% entrada; 50% saída.	3,12	---	-----	---

**Referências:** (1): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 07:00 e as 09:00  
 (2): Horário de pico de rua adjacente. Uma hora entre as 16:00 e as 18:00.  
 (3): Horário de pico do pólo gerador; de manhã.

(4): Horário pico do pólo gerador; na tarde.

## 3.2. CET (1983)

Em 1983, a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) publicou o Boletim Técnico Nº 32, com resultados de estudos pioneiros sobre pólos geradores de tráfego realizados na cidade de São Paulo. Dentre os diversos tipos de pólos geradores estudados pelo órgão estão as escolas, separadas nas seguintes categorias: faculdades, cursinhos e 1º/2º graus.

Para o desenvolvimento do estudo foram levantados dados em 05 escolas e faculdades. A coleta de dados foi feita por meio dos seguintes tipos de pesquisas: contagem do número de pessoas entrando no PGV (com o uso de contadores mecânicos); coleta de dados físicos e operacionais do PGV mediante a aplicação de questionário à sua administração/proprietário; e entrevistas com os usuários (foram entrevistados somente os estudantes). Os dados coletados com os dois primeiros tipos de pesquisa visaram a elaboração dos modelos de geração, enquanto que a pesquisa com o usuários teve por objetivo o estudo da distribuição modal.

Nos modelos de geração desenvolvidos pela CET (1983), a variável independente é o número médio de viagens atraídas pelo PGV na hora-pico, e como variáveis dependentes foram utilizadas: número total de alunos (em dois modelos) e área total de salas de aula (em um modelo).

### **Dimensão espacial**

Não são apresentadas descrições sobre as características de uso e ocupação do solo dos locais das instituições da amostra, e nos modelos não são incluídas variáveis que permitam avaliar a dimensão espacial dos mesmos.

### **Dimensão Temporal**

Os modelos foram elaborados para a hora de pico, porém o texto não especifica quando ela ocorre.

### **Padrão de viagens**

O estudo não faz referência à distribuição modal das viagens atraídas pelas instituições de ensino. Trata apenas da estimativa do número de viagens de pessoas, realizadas com o uso do automóvel, e do número de vagas de estacionamento necessárias para acomodar estes veículos.

No que tange aos modelos de geração, a CET(1983) elaborou três modelos para estimativa do número médio de viagens (de pessoas) atraídas pelas escolas na hora-pico, sem fazer distinção para as diferentes categorias. Esses modelos são apresentados nas Equações 1, 2 e 3.

$$V = 0,432NA - 106,303$$

Equação 1

$$V = 0,343AS + 434,251$$

Equação 2

$$V = 22,066NS + 102,186$$

Equação 3

onde:

V = estimativa do número médio de viagens atraídas pelo PGV na hora-pico;

NA = número total de alunos;

AS = área total de salas de aula (m<sup>2</sup>);

NS = número de salas de aula.

O modelo apresentado na Equação 1 possui R<sup>2</sup> igual a 0,707 e, de acordo com a CET, só deve ser usado para PGVs com NA < 13.000 alunos. Já o modelo da Equação 2 apresenta R<sup>2</sup> de 0,684, devendo ser utilizado somente nos casos em que AS < 13.000 m<sup>2</sup>. Finalmente, o modelo da Equação 3, cujo R<sup>2</sup> é igual a 0,850, deve ser empregado quando (NS/NA) ≥ 0,005.

Para a estimativa do número de vagas de estacionamento, a CET(1983) apresentou modelos distintos para diferentes categorias de estabelecimentos. Para as escolas de 1º/2º grau, aplica-se a Equação 4, onde NV é o número de vagas de estacionamento e V é o número de viagens estimados de acordo com uma das equações disponíveis (Equações 1, 2 ou 3).

$$NV = 0,015V$$

Equação 4

O modelo mostrado na Equação 5 diz respeito a Faculdades e Cursos Vestibulares, enquanto o segundo aplica-se a Cursos Supletivos e Profissionalizantes (Equação 6). A variável explicativa dos dois modelos é o número médio de viagens atraídas pelo PGV na hora-pico, estimado de acordo com as equações referidas no primeiro parágrafo dessa seção.

$$NV = 0,29V$$

Equação 5

$$NV = 0,25V$$

Equação 6

### 3.3. CET (2000)

No Boletim Técnico N<sup>o</sup> 36, publicado em 2000, a CET relata estudos de PGT posteriores à publicação do Boletim Técnico N<sup>o</sup> 32, considerando os conceitos da publicação de 1983 aliados à prática do órgão na avaliação de grandes empreendimentos. Especificamente esses novos estudos atingem os seguintes tipos de PGV: prédio de escritórios, *shopping centers* e escolas.

O documento aborda somente escolas do ensino fundamental e médio, não trazendo nenhum critério adicional para aplicação em instituições de ensino superior.

No que diz respeito às escolas de ensino fundamental e médio, estas foram divididas em quatro grupos, que são:

- **Tipo A:** oferece ensino de Pré, 1º e 2º graus;
- **Tipo B:** oferece ensino de 1º grau e Pré-escola;
- **Tipo C:** oferece ensino de 1º e 2º graus;
- **Tipo D:** oferece ensino de 1º grau.

Os resultados do estudo são taxas de distribuição modal das viagens geradas (atraídas na entrada do turno e produzidas na saída) para os diferentes turnos de cada tipo de escola, aplicáveis ao número de usuários nas categorias alunos e funcionários. Define, também, a taxa média de ocupação dos usuários por automóvel. A aplicação dessas taxas é que permite a determinação do número de viagens geradas por modo. Ou seja, as variáveis explicativas para o número de viagens são: tipo da escola, turno, tipo de usuário, e taxa média de ocupação do veículo (para a estimativa do número de viagens de automóvel).

As taxas apresentadas foram obtidas a partir de dados coletados em 20 escolas, selecionadas aleatoriamente para o estudo. Não são fornecidas informações específicas sobre esses empreendimentos.

A coleta de dados foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, os administradores das escolas foram solicitados a informar dados gerais do empreendimento, tais como área construída, número de vagas de estacionamento, número de alunos e número de funcionários. Como segunda etapa foram aplicados questionários aos funcionários das escolas, buscando identificar as características das suas viagens. Por fim, na terceira etapa, foram aplicados questionários aos pais dos alunos da pré-escola e 1º grau e aos alunos do 2º grau, também visando identificar as principais características das viagens realizadas. Dentre estas características estão o modo de transporte e o tempo de viagem.

### **Dimensão espacial**

O estudo não inclui descrição sobre as características dos locais onde se situam as escolas da amostra, nem considera a localização como uma das variáveis explicativas das taxas apresentadas. A área de influência dos empreendimentos também não é analisada.

### **Dimensão Temporal**

As taxas apresentadas incorporam a dimensão temporal, uma vez referirem-se especificamente aos diferentes turnos das escolas e aos períodos de entrada e saída

dos alunos em cada turno. No entanto, no trabalho não são mencionadas as horas do dia em que estas entradas e saídas ocorrem.

### **Padrão de viagens**

A estimativa do número médio de viagens geradas para cada tipo de escola é feita a partir das Tabelas 11 e 12, que apresentam os percentuais relacionados aos modos de transporte automóvel, transporte coletivo e a pé, assim como o número médio de pessoas transportadas por automóvel para os diferentes usuários da instituição. No caso do modo automóvel para os alunos, a Tabela 11 refere-se a viagens realizadas por alunos que freqüentam o mesmo grau.

Para escolas que apresentam no mesmo turno diferentes graus de ensino (Tipos A, B e C), a estimativa do número de viagens realizadas pelos alunos nos diferentes modos deve levar em conta tanto a Tabela 11 quanto as Tabelas 13 e 14. Estas últimas tratam do transporte por automóvel de alunos de graus variados. O número total de viagens de alunos por automóvel e o número correspondente de automóveis são obtidos pela soma dos resultados produzidos pelos dois tipos de tabelas aplicáveis à situação em análise.

Nas Tabelas 11, 13 e 14, os percentuais por modo devem ser aplicados ao número total de alunos do grau e turnos considerados. Do mesmo modo, os percentuais da Tabela 12 devem ser aplicados sobre o total de funcionários de cada uma das categorias presentes na tabela.

**Tabela 11: Divisão modal de viagens de alunos por grau de ensino X Alunos por auto (Fonte: CET, 2000)**

ESCOLA			PORCENTAGEM DE ALUNOS POR MODO DE VIAGEM (%)						ALUNOS POR AUTO	
TIPO	GRAU	PERÍODO	A PÉ	AUTO	COLETIVO		OUT.	TOTAL		
					LINHA	ESC.				
A	PRÉ	Manhã	Entrada	17	24	3	6		50	1,19
			Saída	22	27	3	8		60	1,17
	2º	Manhã	Entrada	17	37	10	2	2	68	1,54
			Saída	20	23	30	5	1	79	1,73
	1º	Manhã	Entrada	17	45	4	5	1	72	1,92
			Saída	20	35	14	9	1	79	1,96
B	PRÉ	Manhã	Entrada	17	33				50	1,33
			Saída	17	33				50	1,33
	1º	Manhã	Entrada	25	69				94	1,67
			Saída	37	55	1	1		94	1,58
B	1º	Tarde	Entrada	15	55	6	10	1	87	1,89
			Saída	13	56	7	10		86	1,90
	PRÉ	Tarde	Entrada	14	45	1	4		64	1,63
			Saída	14	45	1	4		64	1,63
C	1º	Manhã	Entrada	7	57	2	7		73	1,72
			Saída	11	46	12	7		76	1,82
	2º	Manhã	Entrada	18	47	9	1		75	1,50
			Saída	16	31	27	1		75	1,58
C	1º	Integral	Entrada	2	55	2	4		63	1,97
			Saída	2	53	5	3		63	2,03
	2º	Integral	Entrada	3	46		6		55	1,55
			Saída	3	46	6	4		59	1,57
D	1º	Manhã	Entrada	15	65	3	17		100	1,47
			Saída	14	64	4	18		100	1,48

Na Tabela 11, o modo “COLETIVO” é formado por “LINHA”, que inclui os modos “ônibus”, “Ônibus+Metrô”, “Metrô+Ônibus” etc.; e “ESC”, que representa o transporte por “Ônibus Escolar” ou “Perua”. Alguns valores da coluna “TOTAL” da tabela original da CET foram corrigidos de modo a corresponderem efetivamente a soma das percentagens indicadas para cada um dos modos.

**Tabela 12: Divisão modal de viagens de funcionários X Funcionários por auto (Fonte: CET, 2000)**

CATEGORIAS DE FUNCIONÁRIO	VALORES ACEITÁVEIS	PORCENTAGEM DE FUNCIONÁRIOS POR MODO (%)					FUNCIONÁRIOS POR AUTO
		Auto	Coletivo Regular	Carona	A Pé	Outros	
F1	Média	76	10	2	11	1	1,00
	Mínimo	56	3		6		
	Máximo	96	17		16		
F2	Média	31	34	4	4	27	1,00
	Mínimo	16	23			18	
	Máximo	46	45			36	

**Legenda:**

F1 : Corpo docente (Professores, Diretores, Coordenadores Pedagógicos e Psicólogos)

F2: Monitores, Estagiários, Laboratoristas e Funcionários Administrativos



Para a estimativa do número de viagens por modo e do número de automóveis que serão atraídos para a escola, a CET(2000) faz uma análise preliminar dos dados fornecidos pelo projeto do PGV no que diz respeito ao número de usuários. A partir da informação do número de alunos por grau e por período, o número de professores referidos no projeto é analisado com base nos dados da Tabela 15. Esses dados foram obtidos a partir da amostra aleatória de 20 escolas consideradas no estudo.

Se a relação Alunos/Professor não estiver dentro do intervalo dos valores mínimos e máximos obtidos na amostra pesquisada, o órgão adota para o projeto o valor da média indicada na Tabela 15, e recalcula o número de professores que será considerado na estimativa do número de viagens geradas.

No caso dos demais funcionários, a estimativa do número de pessoas nessa categoria é realizada com base nas taxas da Tabela 16, que devem ser aplicadas ao total de alunos dos graus oferecidos pela escola nos dois períodos. O número de funcionários calculado é assumido como atuando na escola tanto no período da manhã quanto no da tarde.

O número de vagas de estacionamento necessárias em cada período é definido pela soma do número de veículos decorrentes das viagens atraídas por automóvel para os professores e demais funcionários.

**Tabela 13: Porcentagem de alunos por grau X Total de alunos de graus diferenciados por auto para escolas tipo A e B (Fonte: CET, 2000)**

TIPO	PERÍODO		Grau	Porcentagem de Alunos * (%)	Alunos Auto**	por
A	Manhã	Entrada	1º	19	3,02	
			2º	31		
		Saída	1º	13		
			2º	20		
	Manhã	Entrada	PRÉ	47	2,81	
			1º	9		
		Saída	PRÉ	36		
			1º	8		
	Manhã	Entrada	PRÉ	3	2,00	
2º			1			
Saída		PRÉ	4			
		2º	1			
B	Manhã	Entrada	PRÉ	50	3,00	
			1º	6		
		Saída	PRÉ	50		
			1º	6		
	Tarde	Entrada	PRÉ	36	2,72	
			1º	13		
		Saída	PRÉ	36		
			1º	14		

**Tabela 14: Porcentagem de alunos por grau X Total de alunos de graus diferenciados por auto para escolas tipo C (Fonte: CET, 2000)**

TIPO	PERÍODO		Grau	Porcentagem de Alunos * (%)	Alunos Auto** por
C	Entrada	Manhã	1º	27	3,04
		Manhã	2º	25	
	Saída	Manhã	1º	24	
		Manhã	2º	25	
	Entrada	Integral	1º	37	3,35
			2º	45	
	Saída		1º	37	
			2º	41	

Legenda: \* Alunos pertencentes a dois graus diferentes transportados no mesmo automóvel (Observação: percentagem calculada com relação ao total de alunos do grau); \*\* Número total de alunos por auto pertencentes a dois graus diferentes. Algumas das percentagens apresentadas nas tabelas originais da CET foram corrigidas de modo a permitir a compatibilização dos valores com os apresentados na Tabela 11 para as percentagens por modo.

**Tabela 15: Dados obtidos na amostra pesquisada para professores, alunos e classes (Fonte: CET, 2000)**

GRAU	VALORES NA AMOSTRA	NÚMERO DE ALUNOS	NÚMERO DE CLASSES	NÚMERO DE PROFESSORES	ALUNOS / CLASSE	ALUNOS / PROFESSOR	PROFESSOR / CLASSE
1º	Média	350,63	20,78	11,67	28,02	16,28	1,92
	Desvio Padrão	268,74	12,20	7,99	7,84	7,16	0,62
	Mínimo Observado	20,00	1,00	1,00	13,75	5,00	1,00
	Máximo Observado	861,00	45,00	34,00	43,75	36,47	3,67
PRÉ	Média	72,21	3,86	4,86	16,51	13,78	1,22
	Desvio Padrão	67,82	2,18	3,25	7,20	5,84	0,40
	Mínimo Observado	11,00	1,00	1,00	5,50	5,50	1,00
	Máximo Observado	254,00	9,00	12,00	28,22	28,22	2,00
2º	Média	194,17	14,33	6,92	28,80	14,07	2,36
	Desvio Padrão	108,65	4,68	3,15	9,56	7,84	1,02
	Mínimo Observado	72,00	9,00	3,00	8,92	4,65	1,17
	Máximo Observado	418,00	23,00	12,00	42,43	29,86	5,00

**Tabela 16: Taxa prevista de funcionários administrativos e apoio ao corpo docente e outros (Fonte: CET, 2000)**

TIPO DE FUNCIONÁRIO	ALUNOS POR FUNCIONÁRIO
	MANHÃ E TARDE
Administrativo	98,4
Monitores	486,4
Faxineiro, Cozinheiro, Segurança, etc.	100,2
Estagiários	416,6

### **3.4. TECTRAN (2003a, 2003b, 2004)**

A TECTRAN – Técnicos em Transportes Ltda tem realizado, dentre outros, estudos voltados à estimativa do número de viagens atraídas e produzidas por instituições de ensino superior. Nessa seção são apresentados os parâmetros considerados pela empresa em alguns dos estudos realizados para esse tipo de pólo gerador de viagens. Nesses estudos são empregados modelos de geração de viagens elaborados para o caso específico analisado ou definidos em estudos realizados em instituições com características semelhantes. Eles utilizam taxas de geração de viagens diárias, fatores horários de pico para as viagens atraídas e produzidas, percentagens das viagens por modo de transporte e taxa de ocupação dos veículos (automóvel, ônibus e, em alguns casos, vans).

Os modelos e parâmetros empregados foram determinados com base em contagens volumétricas classificadas nas entradas dos PGVs e em levantamentos junto aos usuários das instituições para identificação da origem e destino das viagens, modo de transporte utilizado, dentre outras características.

#### **Dimensão espacial**

Os estudos apresentam informações gerais sobre a localização dos empreendimentos e análises sobre a sua área de influência. Nos três trabalhos aqui revisados as instituições se localizam em regiões dotadas de boa estrutura viária e com uso e ocupação do solo compatíveis com a presença das instituições. Todas são servidas por transporte coletivo.

A avaliação da área de influência é feita sob a perspectiva do impacto do empreendimento na circulação do tráfego. Isto é, procura identificar as interseções e trechos viários mais carregados devido aos fluxos de chegada e saída de veículos de cada PGV. Esta identificação é realizada por meio do estudo da distribuição das viagens geradas e correspondente alocação do tráfego ao sistema viário, e

determinação do nível de serviço correspondente nas situações antes e depois da implantação do empreendimento.

### **Dimensão temporal**

Os estudos realizados consideram as viagens geradas ao longo de um dia normal de funcionamento da instituição, além de levar em conta o horário de pico dessas viagens. Nos estudos revisados estes horários de pico foram determinados em função do início do turno, coincidente com o horário de pico do sistema viário na área de influência. Eles variaram entre as instituições pesquisadas (ver Tabela 17).

### **Padrão de viagens**

Para a análise do impacto na circulação decorrente da implantação de novas unidades de ensino superior, foram empregadas em um dos estudos realizados em 2003 (TECTRAN, 2003a) as Equações 7 a 9 para a estimativa do número de viagens geradas.

$$V = 1,710 \times NU$$

Equação 7

$$V_{\text{atraídas no pico}} = V \times FHP_{\text{chegada}}$$

Equação 8

$$V_{\text{produzidas no pico}} = V \times FHP_{\text{saída}}$$

Equação 9

em que:

V = número total de viagens atraídas e produzidas pela unidade por dia;

NU = número total de usuários da unidade;

$V_{\text{atraídas no pico}}$  = número total de viagens atraídas no horário de pico;

$FHP_{\text{chegada}}$  = fator horário de pico referente às viagens atraídas (= 0,213);

$V_{\text{produzidas no pico}}$  = número total de viagens produzidas no horário de pico;

$FHP_{\text{saída}}$  = fator horário de pico referente às viagens produzidas (= 0,046).

Já nos demais estudos analisados (TECTRAN, 2003b e 2004), foi utilizada a Equação 10 para a estimativa da demanda de viagens atraídas na hora de pico.

$$V = 1,174 \times NA \times FHP$$

Equação 10

em que:

V = número total de viagens atraídas pela unidade na hora de pico;

NA = número de alunos da unidade;

FHP = fator horário de pico referente às viagens atraídas (= 0,634).

Em todos os casos, as viagens geradas estimadas são posteriormente transformadas em viagens por modo, de acordo com o estudo da distribuição modal correspondente à unidade de ensino considerada. As viagens realizadas em modos motorizados são posteriormente convertidas em viagens veiculares com base em taxas de ocupação

média dos veículos. Alguns dos elementos correspondentes aos três estudos analisados são apresentados na Tabela 17.

**Tabela 17: Elementos dos estudos da TECTRAN analisados**

<b>Ano do estudo</b>	<b>Horário de pico</b>	<b>Distribuição Modal</b>	<b>Fator de ocupação (passageiro/veículo)</b>
2003 <sup>a</sup>	7:15 – 8:15	Por automóvel = 39,3% Por ônibus = 49,9% A pé/outros = 10,8%	Automóvel = 1,16 Ônibus = 47,62
2003b	18:00 - 19:00	Por automóvel = 35% Por ônibus = 32% Por van = 21% A pé/outros = 13%	Automóvel = 1,39 Van = 12 Ônibus = 45
2004	18:00 – 19:00	Por automóvel = 44,98% Por ônibus = 38,01% A pé/outros = 17,01%	Automóvel = 1,38 Ônibus = 54,6

No estudo de 2004, para efeito da análise do impacto dos veículos sobre a circulação do tráfego, foi assumido que o fator de equivalência para o ônibus é de 2,25. Isto é, o impacto produzido por um ônibus corresponde ao produzido por 2,25 carros de passeio.

### **3.5. Nunes (2005)**

O estudo realizado por Nunes (2005) teve por objetivo determinar parâmetros para a estimativa do número de vagas de estacionamento para instituições de ensino superior (IES) localizadas no Distrito Federal (DF). Das 65 IES presentes no DF na época da coleta de dados da pesquisa, 04 foram escolhidas para integrar a amostra a ser estudada a partir de indicação do órgão de trânsito do DF, em função dos estacionamentos dos seus usuários estarem provocando sérios problemas de circulação nas vias adjacentes, e 06 foram selecionadas aleatoriamente a partir do conjunto de 61 IES restantes.

O número de veículos estacionados no período de acumulação máxima de cada turno foi coletado em 2004, e o seu valor máximo foi considerado como a demanda crítica a ser atendida por vagas de estacionamento. Foram coletados junto às instituições de ensino da amostra dados sobre área construída (AC) número de alunos (NA), e número de professores e funcionários, como mostrado na Tabela 18.

**Tabela 18: Dados gerais das IES integrantes da amostra (Fonte: Nunes, 2005)**

IES	AC (m²)	Estacionamento próprio	Nº de Prof.	Nº de Func	Nº de Alunos	Demanda Crítica
IES -1	463.907,00	6.120	1.297	2.278	26.224	4.730
IES - 2	7.048,86	1.340	300	200	3.785	1.520
IES - 3	8.067,00	277	72	30	1.100	316
IES - 4	2.116,76	215	78	30	715	240
IES - 5	23.782,00	1.486	405	312	9.750	1.669
IES - 6	30.122,66	4.608	NI	NI	25.000	4.911
IES - 7	19.408,48	495	300	50	4.383	1.899
IES - 8	14.084,38	172	300	152	4.700	1.209
IES - 9	45.806,00	5.250	925	1.100	14.860	1.485
IES - 10	714,22	171	115	150	2.008	518

**Legenda:** NI – Não Informado

Para a elaboração dos modelos a variável dependente considerada foi a demanda crítica e, como variável independente, foi utilizado o número de alunos matriculados na instituição.

### **Dimensão espacial**

Dentre as instituições pesquisadas, 06 estão localizadas na região do Plano Piloto de Brasília, 02 em Taguatinga, 01 no Guará I e 01 no Gama. Todas situadas em áreas densamente ocupadas, servidas por transporte público. O estudo não avaliou a área de influência de cada instituição, nem incorporou a dimensão espacial aos modelos.

### **Dimensão temporal**

Dado o propósito básico da pesquisa, sua dimensão temporal refere-se ao período, levando em conta todos os turnos de aulas, onde foi observada a máxima acumulação de veículos nos estacionamentos que servem as instituições.

### **Padrão de viagens**

Além do levantamento da demanda crítica por estacionamento, foi aplicado um questionário aos usuários das instituições visando identificar os seguintes elementos do padrão de viagens: modo de transporte utilizado, local da residência e, para os usuários de automóvel, o local onde costumavam parar o veículo, o tempo de permanência no estacionamento, os turnos em que costumavam usar o estacionamento, o número de pessoas que usavam o veículo e o tempo considerado admissível para a caminhada entre o estacionamento e o local de destino.

Os resultados obtidos quando à distribuição modal dos deslocamentos são apresentados nas Tabelas 19 a 21, referentes aos alunos, professores e funcionários,

respectivamente. Nestas tabelas também são apresentadas as principais origens dos usuários, com a percentagem correspondente entre parênteses. Destaca-se que os professores e funcionários das instituições IES-8 e IES-10 não responderam o questionário.

**Tabela 19: Origem e modos de transporte utilizados pelos alunos (Fonte: Nunes, 2005)**

IES	Origem	Modos de transporte utilizado pelos alunos (%)						
		Ônibus	Veículo privado	Metrô	Vans	Carona	A pé	Outros
IES - 1	Plano (60%) Piloto	5,20	84,97	0,00	0,00	3,47	5,20	1,16
IES - 2	Plano (39%) Piloto	14,13	67,39	0,00	2,17	6,52	8,70	1,09
IES - 3	Taguatinga (50%)	34,40	48,10	0,00	7,65	4,37	4,92	0,55
IES - 4	Gama (72%)	13,70	49,30	0,00	12,70	13,00	9,15	2,11
IES - 5	Plano (42%) Piloto	7,89	76,32	0,00	1,75	9,65	3,51	0,88
IES - 6	Plano (38%) Piloto	19,00	60,00	0,45	3,41	10,00	5,91	0,91
IES - 7	Plano Piloto (26)	24,20	63,70	0,81	3,63	4,84	1,61	1,21
IES - 8	Plano (20%) Piloto	28,90	57,80	0,00	4,69	3,91	3,13	1,56
IES - 9	Taguatinga (27%)	33,10	34,40	2,55	11,50	7,64	6,37	4,46
IES - 10	Guará (50%)	8,45	64,79	7,04	1,41	3,76	12,68	1,88

**Tabela 20: Origem e modos de transporte utilizados pelos professores (Fonte: Nunes, 2005)**

IES	Origem	Modos de transporte utilizado pelos professores (%)						
		Ônibus	Veículo privado	Metrô	Vans	Carona	A pé	Outros
IES - 1	Plano Piloto (68%)	1,55	96,37	0,00	0,00	0,00	1,04	1,04
IES - 2	Plano Piloto (39%)	11,76	76,47	0,00	0,00	0,00	11,76	0,00
IES - 3	Taguatinga (28%)	9,09	72,73	0,00	0,00	9,09	9,09	0,00
IES - 4	Guará (26%)	17,40	78,30	0,00	0,00	4,35	0,00	0,00
IES - 5	Plano Piloto (50%)	5,13	89,70	0,00	0,00	5,13	0,00	0,00
IES - 6	Plano Piloto (32%)	0,00	80,00	0,00	4,00	8,00	8,00	0,00
IES - 7	Plano Piloto (25%)	4,17	83,30	0,00	0,00	4,17	4,17	4,17
IES - 9	Plano Piloto (30%)	4,35	65,22	0,00	0,00	26,09	4,35	0,00

**Tabela 21: Origem e modos de transporte utilizados pelos funcionários (Fonte: Nunes, 2005)**

IES	Origem	Modos de transporte utilizado pelos funcionários (%)						
		Ônibus	Veículos privados	Metrô	Vans	Carona	A pé	Outros
IES - 1	Plano Piloto (40%)	6,85	89,04	0,00	0,00	2,74	0,00	1,37
IES - 2	Plano Piloto e Gama (20% cada)	33,33	40,00	0,00	0,00	6,67	13,33	6,67
IES - 3	Taguatinga e Ceilândia (40% cada)	25,00	50,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00
IES - 4	Gama (53%)	47,10	11,80	0,00	0,00	11,80	0,00	29,40
IES - 5	Plano Piloto e Ceilândia (20% cada)	68,60	28,60	0,00	0,00	2,86	0,00	0,00
IES - 6	Plano Piloto (50%)	43,48	30,43	0,00	0,00	8,70	17,39	0,00
IES - 7	Ceilândia (29%)	41,18	17,65	5,88	11,76	11,76	5,88	5,88
IES - 9	Taguatinga (42%)	32,30	38,70	6,45	9,68	0,00	12,90	0,00

A partir da análise dos dados coletados referentes à “Demanda Crítica”, foi inicialmente estudada a relação “Demanda Crítica (DC) / No. De alunos (NA)”. Decidiu-se por essa relação porque o número de alunos é uma variável efetivamente considerada no projeto de instituições de ensino em geral e, também, porque a variável área construída, usada em alguns dos estudos revisados, não se mostrou satisfatória. Os dados obtidos para a taxa “DC/NA” foram:

- Média = 0,262;
- Desvio-Padrão = 0,106;
- Intervalo de confiança (para  $\alpha = 5\%$ ) = [0,075; 0,449].

Foi realizado, também, um estudo para a determinação de uma equação de regressão para permitir a estimativa do número de vagas de estacionamento a partir de uma ou mais das variáveis explicativas disponíveis. Esse estudo revelou que a melhor equação de regressão era linear simples passando pela origem, com “número de alunos” como variável independente (Equação 11).

$$DC = 0,181 \times NA \quad \text{Equação 11}$$

Em que: DC é a demanda crítica, que corresponde ao número de vagas de estacionamento a ser oferecido pela IES, e NA é o número total de alunos matriculados na instituição.

Essa equação, apesar de possuir um coeficiente de determinação elevado ( $R^2 = 0,937$ ) e de ser estatisticamente significativa para  $\alpha = 5\%$ , apresenta a tendência em determinar valores inferiores aos observados, revelada pela análise dos resíduos. Essa situação é explicada pela presença de pontos de alavanca que impactam excessivamente a regressão, como é o caso dos pontos associados às IES 1 e 6.



A partir desse resultado foi elaborado um modelo com a exclusão dos dois pontos de alavanca, e o que melhor resultado apresentou foi o apresentado na Equação 12, onde os termos são os mesmos anteriormente definidos. O coeficiente de determinação do modelo é igual a 0,712, e ele é estatisticamente significativo para  $\alpha = 5\%$ . A análise dos resíduos mostra que, neste aspecto, ele apresenta um ajuste mais favorável do que o modelo anterior.

$$DC = 534,73 \times \ln(NA) - 3241,1 \qquad \text{Equação 12}$$

Os resultados, portanto, dão um forte indício da conveniência em se definir modelos distintos para diferentes faixas de número de alunos, o que implica na realização de um estudo mais abrangente, envolvendo um número bem mais elevado de IES.

Enquanto esse estudo mais abrangente não é realizado, o autor recomenda, para IES localizadas no DF, a adoção da Equação 12 para estimativa do número de vagas de estacionamento junto às IES com previsão de atender a menos de 15.000 alunos, e a utilização da Equação 11 para os demais casos.

### **3.6. Souza (2007)**

O estudo de Souza (2007) teve como objetivo determinar taxas e desenvolver modelos de geração de viagens para os principais modos de transporte utilizados pelos usuários das instituições de ensino superior (IES) localizadas no Distrito Federal, que são: automóvel, ônibus e a pé. Ao longo do estudo também foi realizado um estudo sobre a caracterização do padrão de viagens dos alunos, professores e funcionários.

Foram estudadas 09 instituições, das quais 03 foram consideradas para efeito do estudo da geração de viagens pelos usuários envolvidos em cursos específicos. Os dados coletados nas outras 06 IES, envolvendo 08 turnos de funcionamento, é que foram considerados para o desenvolvimento das taxas e modelos apresentados a seguir. Estes, portanto, se referem a entradas (viagens atraídas) e saídas (viagens produzidas) das IES no início e final de cada turno.

Na Tabela 22 são apresentadas as principais características das IES da amostra de 06 estabelecimentos considerada para a elaboração dos modelos.

**Tabela 22: Características gerais das IES estudadas (Fonte: Souza, 2007)**

Instituição	N. alunos	N. professor e funcionário	Área do Terreno	do	Área Construída	Vagas de Estacionamento
IES-01	2009 (M) 3304 (N)	408 (M) 408 (N)	18.000		13.823	980
IES-02	1366	131	17.249		7.200	700
IES-03	969	252	*		*	*
IES-04	243	124	11.500		6.530	124
IES-05	1030	83	20.000		5.300	400
IES-06	325 (M) 742 (N)	107 (M) 159 (N)	18.500		7.121	80**

(M) Turno da manhã

(N) Turno da noite

\* Dado não informado pela instituição

\*\* Apenas vagas para professores e funcionários

Os modelos apresentados possuem como variável dependente o número de viagens realizadas pelos alunos ou o número de viagens realizadas por todos os usuários da instituição no início e final de cada turno. Em todos os casos a variável independente é o número de alunos.

### Dimensão espacial

O estudo envolveu instituições de ensino situadas em áreas urbanas, com ocupação predominantemente do tipo misto e de serviços. Todas as IES da amostra são atendidas por transporte público por ônibus, embora em 05 delas esse atendimento seja classificado como não-satisfatório pelo autor. Uma das IES é atendida por metrô. A área de influência dos empreendimentos não é analisada, e a dimensão espacial não é incorporada aos modelos.

### Dimensão temporal

As taxas apresentadas incorporam a dimensão temporal, uma vez referirem-se especificamente aos diferentes turnos das escolas e aos períodos de entrada e saída dos alunos em cada turno. Os horários correspondentes aos períodos referidos são os apresentados na Tabela 23.

**Tabela 23: Limite superior e inferior dos períodos de pico de deslocamentos**

Período	Entrada	Saída
Manhã	07:40 - 08:15	11:30 - 12:50
Noite	18:30 - 19:15	22:00 - 23:00

### Padrão de viagens

Dentre os aspectos relacionados ao padrão de viagens, o estudo inclui: turno em que são realizadas as viagens; principais modos de transporte utilizados; local de origem e

destino, localidade (bairro) de origem e destino; tempo de viagem; principais vias de acesso; principais locais de embarque e desembarque; além das informações referentes ao estacionamento, como: local e tempo estacionado.

Os principais resultados obtidos com relação aos modos utilizados na realização das viagens atraídas e produzidas nas instituições analisadas, referentes a todos os usuários, são apresentados nas Tabelas 24 e 25.

**Tabela 24: Média da partição modal para as IES estudadas na atração**

	Viagens por automóvel	Viagens por ônibus	Viagens a pé	Viagens por outros modos
Manhã	58,51%	28,23%	7,12%	6,14%
Noite	45,66%	42,20%	5,68%	6,46%

**Tabela 25: Média da partição modal para as IES estudadas na produção**

	Viagens por automóvel	Viagens por ônibus	Viagens a pé	Viagens por outros modos
Manhã	55,45%	27,70%	6,55%	10,30%
Noite	47,58%	34,48%	6,68%	11,26%

Para efeito da determinação do número de viagens atraídas e produzidas por cada instituição, as viagens realizadas por automóvel foram classificadas em:

- a) Viagens específicas – são aquelas que foram realizadas em função da IES, ou seja, foram realizadas por condutor que frequenta a instituição;
- b) Viagens desviadas – são aquelas realizadas por condutor que não tem como destino a IES, mas que alterou seu trajeto para atingir a instituição no transporte de usuários da mesma;
- c) Viagens de passagem – são aquelas realizadas por condutor que não tem a IES como destino, mas que para na mesma apenas para deixar o usuário, sem com isso alterar seu trajeto original.

As taxas e modelos determinados no estudo referem-se à soma das viagens específicas e desviadas. Somente em 03 instituições foi possível obter dados sobre as viagens de professores e funcionários em quantidade que permitissem o tratamento estatístico dos mesmos. Assim as taxas apresentadas nas colunas da Tabela 26 indicadas como “Só alunos”, referem-se às viagens realizadas pelos estudantes, divididas pelo número total de alunos da IES. As taxas apresentadas nas colunas

“Usuários” da Tabela 26 referem-se às viagens de alunos, professores e funcionários, também divididas pelo número total de alunos. Os valores dessas últimas taxas, dada a pequena amostra empregada para a determinação das viagens de professores e funcionários (foram obtidos esses dados somente em 03 IES), devem ser considerados com bastante cautela.

Enquanto as taxas de geração para os modos ônibus e a pé referem-se a viagens pessoais, as taxas relacionadas ao modo automóvel dizem respeito ao número de veículos gerados pelas IES, que foram determinados levando em conta o número médio de usuários por veículo nas instituições pesquisadas.

Na determinação das taxas e modelos foram consideradas, no início de cada turno, somente as viagens atraídas. Para o final de cada turno foram tratadas apenas as viagens produzidas pelas instituições. Isto é, nas Tabelas 26 e 27 as taxas e modelos de geração para as viagens atraídas referem-se apenas as viagens atraídas no início do turno, e os referentes às viagens produzidas correspondem às produzidas no final de cada turno.

As viagens produzidas pelos veículos que saem da instituição após desembarcar o usuário da IES no início do turno (no caso das viagens desviadas), não foram tratadas como viagens produzidas para efeito de definição de taxas e modelos. Do mesmo modo, as viagens desviadas na chegada à IES ao final do turno para proceder o embarque dos usuários também não foram consideradas para efeito da estimativa de viagens atraídas.

**Tabela 26: Taxas de geração de viagens para IES (Fonte: Souza, 2007)**

GERAÇÃO	ESTATÍSTICAS	NÚMERO DE AUTOMÓVEIS		VIAGENS POR ÔNIBUS		VIAGENS A PÉ	
		Só Alunos	Usuários	Só Alunos	Usuários	Só Alunos	Usuários
ATRAÇÃO	Média	0,405	0,623	0,301	0,397	0,058	0,091
	Desvio-padrão	0,188	0,257	0,146	0,180	0,047	0,064
	Coef. de variação (%)	46,56	41,23	48,44	45,27	80,69	69,79
	Taxa máxima observada	0,638	0,868	0,447	0,527	0,144	0,156
	Taxa mínima observada	0,195	0,356	0,108	0,192	0,015	0,029
PRODUÇÃO	Média	0,359	0,556	0,235	0,316	0,065	0,096
	Desvio-padrão	0,171	0,234	0,107	0,134	0,047	0,057
	Coef. de variação (%)	45,59	42,02	45,61	42,46	73,04	59,19
	Taxa máxima observada	0,575	0,782	0,372	0,436	0,139	0,151
	Taxa mínima observada	0,150	0,316	0,098	0,171	0,019	0,037

No que diz respeito aos modelos de geração de viagem, Souza (2007) estudou diferentes relações, considerando as variáveis explicativas mais utilizadas na literatura para esse fim – número de alunos e área construída do empreendimento. Os modelos elaborados foram analisados quanto à significância dos parâmetros para  $\alpha=5\%$ , ao coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e à distribuição dos resíduos e consideraram somente a variável dependente “número de viagens realizadas pelos alunos”.

Em função do reduzido número de elementos amostrais que permitiram a determinação das viagens de todos os usuários das IES, a autora propôs que, para uma estimativa preliminar, o coeficiente de regressão da reta obtida para cada situação das viagens dos alunos fosse acrescido de um valor igual à média da diferença observada entre as taxas de produção e atração correspondentes do total de usuários e de alunos observadas nas três IES. Sugere que esses modelos sejam empregados até que estudos complementares sejam realizados no sentido de permitir o desenvolvimento de modelos com significância estatística para a estimativa do número de viagens atraídas e produzidas por todos os usuários das IES. Assim, na Tabela 27, somente são apresentados os valores de  $R^2$  para as equações que tratam da estimativa das viagens atraídas e geradas pelos alunos das IES.

Dentre os modelos analisados, os melhores encontram-se apresentados na Tabela 27. A autora destaca que os modelos obtidos para os modos ônibus e a pé devem ser observados com cuidado, uma vez que os resíduos a eles associados apresentaram indícios de problema de heterocedasticidade (a variância do termo aleatório do modelo não é constante). Ressalta, ainda, que os modelos são especialmente aplicáveis à

IES localizadas em Brasília, cujo número de alunos esteja no intervalo de variação dessa variável na amostra, que é de 243 a 3304 alunos.

**Tabela 27: Modelos de geração de viagens para IES (Fonte: Souza, 2007)**

	MODELOS DE ATRAÇÃO DE VIAGENS		MODELOS DE PRODUÇÃO DE VIAGENS	
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
<b>VIAGENS VEICULARES</b>	NAA = 0,530 NA	0,94	NAP = 0,490 NA	0,93
	NAAT = 0,676 NA	----	NPAT = 0,639 NA	----
<b>VIAGENS POR ÔNIBUS</b>	NOA = 0,188 NA	0,73	NOP = 0,144 NA	0,75
	NOAT = 0,289 NA	----	NOPT = 0,232 NA	----
<b>VIAGENS A PÉ</b>	NPA = 0,033 NA	0,49	NPP = 0,037 NA	0,53
	NPAT = 0,044 NA	----	NPPT = 0,045 NA	----

**Legenda:**

NA = N<sup>o</sup> de alunos da IES;

NAA = N<sup>o</sup> de automóveis atraídos em função das viagens realizadas pelos alunos;

NAAT = N<sup>o</sup> de automóveis atraídos em função das viagens de todos os usuários;

NAP = N<sup>o</sup> de automóveis produzidos em função das viagens realizadas pelos alunos;

NAPT = N<sup>o</sup> de automóveis produzidos em função das viagens de todos os usuários;

NOA = N<sup>o</sup> de viagens atraídas por ônibus em função das viagens realizadas pelos alunos;

NOAT = N<sup>o</sup> de viagens atraídas por ônibus em função das viagens de todos os usuários;

NOP = N<sup>o</sup> de viagens produzidas por ônibus em função das viagens realizadas pelos alunos;

NOPT = N<sup>o</sup> de viagens produzidas por ônibus em função das viagens de todos os usuários;

NPA = N<sup>o</sup> de viagens a pé atraídas em função das viagens realizadas pelos alunos;

NPAT = N<sup>o</sup> de viagens a pé atraídas em função das viagens de todos os usuários;

NPP = N<sup>o</sup> de viagens a pé produzidas em função das viagens realizadas pelos alunos;

NPPT = N<sup>o</sup> de viagens a pé produzidas em função das viagens de todos os usuários.

### 3.7 – HERZ et al (2007, 2009)

Os estudos desenvolvidos por Herz, Galarraga e Pastor foram realizados para estabelecimentos de Ensino Superior (Universidades) na cidade de Córdoba, Argentina. Os estudos levam em conta doze (12) pólos localizados no centro da cidade ou próximos a ele (até 3km), e um (1) pólo localizado na periferia, longo do centro (a 8 km).

Efetuar-se-levaram levantamentos de campo, que consistiram, por uma parte, de contagens em horário pico de pessoas entrando e saindo. Com base em uma amostra deles, aplicaram-se questionários para conhecer as dimensões espaciais e as escolhas modais. Realizou-se a expansão de dados para obter cobertura completa de um dia útil.

A Tabela 28 oferece para cada um dos PGM's a distancia ao centro (em km), a quantidade de alunos matriculados, a quantidade de viagens diárias de pessoas (estudantes, professores, e outros) e as viagens em automóveis (particulares e taxis).

**Tabela 28: Características das Instituições de Ensino Superior (Universidades). Viagens diárias de pessoas e automóveis. Dia útil. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009)**

Pólo Univ.	Distância ao centro (km)	Alunos matriculados	Viagens diárias	Viagens em automóveis
Nº 1	0	3431	4392	496
Nº 2	0	9832	11376	853
Nº 3	2	5147	7212	1500
Nº 4	2	3158	3342	712
Nº 5	2	16610	26096	2296
Nº 6	2	5823	5976	1165
Nº 7	2	5374	6720	309
Nº 8	2	2970	3496	346
Nº 9	2	4705	5472	350
Nº 10	2	4289	5200	1300
Nº 11	2	1382	3144	720
Nº 12	3	10503	18494	4143
Nº 13	8	5200	9062	3253

Para a elaboração dos modelos de geração de viagens a variável dependente (y) é o número de viagens diárias geradas pela instituição (soma das viagens atraídas e produzidas), e as variáveis independentes são o número de alunos matriculados e a distância do estabelecimento ao centro da cidade. Esta última variável, presente em somente um dos modelos, assume valor 0 (zero) se o estabelecimento está localizado há menos de 5 quilômetros do centro, e 1 (um) no caso contrário.

Foram elaborados modelos para viagens realizadas por modos motorizados, transporte coletivo e modos não-motorizados.

**Dimensão espacial**

O trabalho contempla a dimensão espacial ao avaliar o impacto da posição do estabelecimento com relação ao centro da cidade sobre o número de viagens geradas ao longo do dia. Esta dimensão é explicitamente considerada por meio de uma das variáveis independentes em um dos modelos elaborados.

**Dimensão temporal**

O estudo considera as viagens geradas ao longo de um dia útil. Não traz análises específicas sobre o número de viagens geradas em outros períodos de tempo.

**Padrão de Viagens**

A Tabela 29 oferece para cada um dos PGV's a quantidade de viagens diárias de pessoas (estudantes, professores e outros) classificadas por escolha modal, entre motorista de carro, ônibus, a pé, passageiro de carro, taxi, moto e bicicleta.



**Tabela 29: Viagens diárias de pessoas e escolhas modais. Dia útil. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009)**

Pólo Univ.	Viagens diárias	Motorista de carro	Ônibus	A pé	Passageiro	Taxi	Moto	Bicicleta
Nº 1	4392	1,90%	36,20%	35,70%	16,40%	9,40%	0,50%	0,00%
Nº 2	11376	5,40%	45,00%	33,80%	12,90%	2,10%	0,80%	0,00%
Nº 3	7212	5,40%	36,30%	31,70%	11,30%	15,40%	0,00%	0,00%
Nº 4	3342	13,20%	38,00%	27,80%	9,00%	8,10%	1,30%	2,60%
Nº 5	26096	7,70%	51,00%	35,80%	0,90%	1,10%	2,60%	0,90%
Nº 6	5976	19,00%	34,50%	30,50%	4,50%	0,50%	4,50%	6,50%
Nº 7	6720	3,70%	53,40%	33,30%	6,80%	0,90%	0,50%	1,40%
Nº 8	3496	6,60%	51,60%	29,90%	6,60%	3,30%	1,20%	0,80%
Nº 9	5472	4,30%	48,30%	29,10%	15,80%	2,10%	0,00%	0,40%
Nº 10	5200	15,50%	44,50%	15,50%	14,00%	9,50%	1,00%	0,00%
Nº 11	3144	20,20%	36,50%	31,60%	3,40%	2,70%	1,10%	4,60%
Nº 12	18494	19,10%	40,70%	29,70%	2,50%	3,30%	2,20%	2,50%
Nº 13	9062	35,10%	45,60%	0,00%	17,10%	0,80%	0,60%	0,80%

Foram ajustados estatisticamente modelos de geração de viagens de pessoas por dia em função dos alunos matriculados. Sendo calibrados quatro (4) tipos de modelos:

- Para o total das viagens, considerando todas as escolhas modais.
- Para as viagens motorizadas individuais, levando em conta as classificações motorista de carro, passageiro, taxi e moto.
- Para as viagens motorizadas coletivas, entre as quais está o ônibus (de linha, cooperativa ou contratado)
- Para viagens não motorizadas, dentro de as quais estariam bicicleta e a pé.

Levando em conta as grandes variações de escolha modal observadas no estabelecimento localizado fora do centro da cidade, foi decidido calibrar dos diferentes modelos, para todos os casos:

- Levando a uma categoria todas as universidades.
- Considerando uma variável muda (*dummy variable*) que assume valor zero (0) se o estabelecimento está até 5km do centro da cidade e o valor de um (1) se o estabelecimento estiver mais longe de essa distancia.

Variável dependente: Y (número de viagens diárias)

Variáveis independentes: X1 (número de alunos matriculados) y X2 (variável muda)

Modelo Nº 1:  $Y = a + b X1$

Modelo Nº 2:  $Y = a + b X1 + c X2$

A Tabela 30 mostra os modelos que resultaram mais certos para cada caso.

**Tabela 30: Modelos mais certos para cada caso. (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009)**

Caso	Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R <sup>2</sup>
		Valor	Estad. t	Valor	Estad. t	Valor	Estad. t	
Todos	Nº 1	- 1224	- 1,37	1,61	13,0	NA	NA	0,94
Motor. Individuais	Nº 2	531	1,15	0,22	3,49	3181	3,44	0,63
Motor. Coletivos	Nº 1	-1041	-2,23	0,80	12,33	NA	NA	0,93
Não motorizados	Nº 2	- 816	- 2,33	0,59	12,40	- 2180	- 3,11	0,93

Também foi ajustado um modelo para viagens veiculares. A Tabela 31 oferece os resultados obtidos.

**Tabela 31: Modelo para viagens diárias de automóveis (Fonte: Herz, Galarraga e Pastor, 2009)**

Modelo	Coeficiente a		Coeficiente b		Coeficiente c		R <sup>2</sup>
	Valor	Estad. t	Valor	Estad. t	Valor	Estad. t	
Nº 2	173	0,74	0,17	2,63	2220	2,40	0,54

A matrícula dos alunos das universidades e a localização do PGV resultaram os principais fatores explicativos. No caso da geração de viagens totais e viagens em ônibus é suficiente com levar em conta a quantidade de alunos; mas para viagens de automóvel e a pé a estrutura urbana influencia notavelmente. A interação com a demanda de residências para estudantes (geralmente não pertencentes à cidade) que procuram dormitórios perto das universidades da viabilidade a uma alta participação da modalidade pedestre, fenômeno de proximidade que não é visível em universidades localizadas nas periferias.

Os modelos com variável muda (*dummy variable*) têm demonstrado sua aplicabilidade para refletir importantes mudanças operacionais que existem entre as viagens motorizadas individuais e as não motorizadas, se o estabelecimento universitário está localizado perto ou longo do centro da cidade.

### 3.8. Bertazzo (2008)

Este estudo foi realizado na Universidade de Brasília, e sua principal característica foi a análise das escoladas de ensino médio como pólos geradores de viagem levando

em conta o caráter do empreendimento, se público ou privado. Assim, buscou caracterizar o padrão de viagens realizadas para as IEMs públicas e privadas, e determinar taxas e modelos de geração de viagens (atração e produção) para as mesmas. Foram considerados como períodos de pico de deslocamentos os relacionados à entrada e saída das IEMs, no início e final de cada turno. As taxas e modelos referem-se aos usuários regulares das instituições: alunos, professores e funcionários.

A área de estudo é formada pelas regiões administrativas do Plano Piloto e Cruzeiro, onde se localizam 13 IEMs públicas e 35 IEMs privadas. Destas, 05 públicas e 05 privadas foram incluídas na amostra de instituições pesquisadas. Algumas dessas IEMs oferecem, em turnos coincidentes ou alternados, outros níveis de ensino (fundamental, educação infantil). Nesses casos, a coleta de dados sobre as características das viagens incluiu apenas os alunos do ensino médio, sendo o número de alunos dos outros níveis considerados somente para efeito do rateio de funcionários em atendimento aos diversos níveis. As Tabelas 32 e 33 mostram as características gerais das instituições da amostra, juntamente com o número de usuários que responderam ao questionário em cada instituição (ver coluna dos dados amostrais).

**Tabela 32: Instituições públicas integrantes da amostra**

IEM	Dados Populacionais				Dados Amostrais				Dados da Infra-estrutura				
	Alunos			Profs. e Funcs.	Alunos			Profs. e Funcs.	Área Terreno	Área Construída	Salas de Aula	Vagas Autos	Vagas Bicletas
Turno	M	T	N	Dia	M	T	N	Dia	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	unid	unid	unid
IEM – PU 01	540	256	525	113	179	--	263	55	110.000	6250	20	152	22
IEM – PU 02	296	0	410	56	142	--	154	31	32.500	3100	12	70	23
IEM – PU 03	359	0	183	39	233	--	115	17	64.660	2280	10	82	30
IEM – PU 04	779	473	239	101	149	--	165	30	80.000	4879	24	234	10
IEM – PU 05	545	421	0	99	198	142	--	27	23.000	3083	14	70	10
Média	504	383,3	339,3	81,6	180	142	174,3	32,0	62032	3918	16	122	19
Desvio Padrão	189,0	113,3	157,0	32,2	37,2	--	62,9	14,0	35448	1613	6	72	9

**Tabela 33: Instituições privadas integrantes da amostra**

IEM	Dados Populacionais				Dados Amostrais				Dados da Infra-estrutura				
	Alunos			Profs. e Funcs.	Alunos			Profs. e Funcs.	Área Terreno	Área Construída	Salas de Aula	Vagas Autos	Vagas Bicletas
Turno	M	T	N	Dia	M	T	N	Dia	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	unid	unid	unid
IEM – PR 01	414	0	0	63	175	--	--	11	10.350	3832	50	37	0
IEM – PR 02	272	0	0	107	185	--	--	19	16.340	2606	27	24	0
IEM – PR 03	345	0	0	54	192	--	--	27	7.150	4015	34	28	15
IEM – PR 04	280	0	0	135	245	--	--	44	15.000	12000	42	135	10
IEM – PR 05	597	445	0	122	175	129	--	61	15.000	8051	32	70	0
Média	382	445,0	0,0	96,2	194	129	0,0	32,4	12768	6101	37	59	5
Desvio Padrão	133,3	0,0	0,0	36,0	29,2	0	0,0	20,1	3877	3883	9	46	7

O desenvolvimento das taxas e modelos foi realizado em separado para cada turno, com base na aplicação de questionários aos diferentes usuários regulares das instituições. Diferentes modelos foram elaborados levando em conta as seguintes variáveis explicativas: número de professores e funcionários, número de alunos, turno e tipo da instituição (pública ou privada).

### **Dimensão espacial**

O estudo envolveu instituições de ensino situadas em áreas urbanas, com ocupação predominantemente mista (residencial/serviços). Todas as escolas da amostra são atendidas por transporte público por ônibus, sendo uma delas servida também por metrô. A área de influência dos empreendimentos não é analisada, e a dimensão espacial não é incorporada aos modelos.

### **Dimensão Temporal**

As taxas apresentadas incorporam a dimensão temporal, uma vez referirem-se especificamente aos diferentes turnos das escolas e aos períodos de entrada e saída dos alunos em cada turno. Estes períodos são mostrados na Tabela 34.

**Tabela 34: Limite superior e inferior dos períodos de pico de deslocamentos**

Período	Entrada	Saída
Manhã	07:05 – 07:45	12:10 – 12:45
Tarde	13:00 – 14:30	17:20 – 18:45
Noite	18:40 – 19:00	22:45 – 22:35

Foi admitido que os usuários permanecem nas instituições durante todo o turno das aulas.

### **Padrão de viagens**

A avaliação do padrão de viagens nesse estudo incluiu: a identificação do dia típico de viagens; número de viagens regulares e extras por turno (somente para alunos); modos utilizados na ida e volta da IEM; principais origens e destinos por turno; tipos de origem e destino de viagens; tempos de viagem na ida e volta da IEM; principais vias utilizadas; distância de caminhada e opção por mudança do modo de transporte. Para as viagens veiculares ainda foram pesquisadas as categorias de viagens e ocupação veicular. As Tabelas 35 e 36 mostram a distribuição modal média observada nas instituições de ensino médio (IEM) públicas (PU) e privadas (PR) da amostra para as viagens atraídas e produzidas, respectivamente.

**Tabela 35: Média da partição modal para as IEMs estudadas na atração**

		Viagens por automóvel	Viagens ônibus	Viagens a pé	Viagens Outros Modos
		VA	VO	VP	VM
<b>Média para IEMs PU01 a 05</b>					
<b>Manhã</b>	Alunos	16%	60%	21%	3%
	Professores e Funcionários	63%	29%	4%	4%
<b>Tarde</b>	Alunos	17%	77%	3%	3%
	Professores e Funcionários	82%	0%	9%	9%
<b>Noite</b>	Alunos	10%	26%	47%	18%
	Professores e Funcionários	85%	10%	0%	5%
<b>Média para IEMs PR01 a 05</b>					
<b>Manhã</b>	Alunos	59%	27%	13%	1%
	Professores e Funcionários	50%	44%	2%	4%
<b>Tarde</b>	Alunos	21%	69%	7%	3%
	Professores e Funcionários	71%	29%	0%	0%

**Tabela 36: Média da partição modal para as IEMs estudadas na produção**

		Viagens por automóvel	Viagens ônibus	Viagens a pé	Viagens Outros Modos
		VA	VO	VP	VM
<b>Média para IEMs PU01 a 05</b>					
<b>Manhã</b>	Alunos	17%	56%	24%	3%
	Professores e Funcionários	74%	14%	9%	3%
<b>Tarde</b>	Alunos	22%	70%	5%	3%
	Professores e Funcionários	74%	21%	5%	0%
<b>Noite</b>	Alunos	10%	28%	45%	18%
	Professores e Funcionários	58%	32%	1%	9%
<b>Média para IEMs PR01 a 05</b>					
<b>Manhã</b>	Alunos	56%	27%	14%	3%
	Professores e Funcionários	70%	8%	2%	20%
<b>Tarde</b>	Alunos	29%	63%	7%	1%
	Professores e Funcionários	52%	42%	0%	6%

Na Tabela 37 são apresentadas as taxas médias de geração de viagens obtidas no estudo, com os correspondentes intervalos para um nível de confiança igual a 95% mostrados entre parênteses. Essas taxas referem-se, no caso das viagens veiculares, ao número total de automóveis que chegam (atraídos) e saem do empreendimento (produzidos), enquanto que as taxas de viagens por ônibus e a pé referem-se ao número total de usuários regulares que se deslocam por meio desses modos. Nos dois casos, as taxas mostradas na Tabela 37 referem-se ao total de viagens, relacionado ao número de alunos e ao número de professores e funcionários.

Dentre os modelos de geração de viagens (atração e produção) obtidos no estudo, os apresentados na Tabela 38 foram os que apresentaram os melhores valores para o

coeficiente de correlação ( $R^2$ ), além de coeficientes das variáveis explicativas estatisticamente significativas, para nível de significância de 5%.

Destaca-se que tanto no caso das taxas quanto dos modelos pelo modo automóvel (viagens veiculares) foram considerados, para os períodos de início de cada turno, somente as viagens atraídas. Para os períodos finais de cada turno, somente as viagens produzidas são estimadas. No caso das viagens desviadas, portanto, as viagens produzidas no início do turno em função das partidas dos veículos após deixarem o usuário na instituição não foram modeladas, assim como as viagens atraídas no final do turno para buscar o usuário na instituição.

**Tabela 37: Taxas de geração de viagens**

	TAXAS NA ATRAÇÃO				TAXAS NA PRODUÇÃO			
	Por NA		Por NPF		Por NA		Por NPF	
	Individual	Agregada	Individual	Agregada	Individual	Agregada	Individual	Agregada
<b>VIAGENS VEICULARES</b>								
IEMs PU - manhã	0,100 (0,026; 0,174)	0,083 (0,043; 0,123)	0,569 (0,205; 0,932)	0,819 (0,456; 1,181)	0,053 (0,020; 0,085)	0,066 (0,039; 0,094)	0,310 (0,183; 0,437)	0,342 (0,220; 0,463)
IEMs PU - noite	ND		ND		0,083 (0,008; 0,158)		0,383 (0,013; 0,753)	
IEMs PR - manhã	0,347 (0,220; 0,474)		1,491 (0,631; 2,350)		0,172 (0,100; 0,244)		0,674 (0,518; 0,829)	
<b>VIAGENS POR ÔNIBUS</b>								
IEMs PU - manhã	0,641 (0,385; 0,896)	0,450 (0,333; 0,567)	4,398 (1,706; 7,087)	2,568 (1,472; 3,664)	0,342 (0,062; 0,623)	0,285 (0,178; 0,392)	ND	1,560 (0,725; 2,395)
IEMs PU - noite	0,310 (0,144; 0,476)		1,355 (0,589; 2,122)		0,364 (0,171; 0,557)		1,532 (0,921; 2,143)	
IEMs PR - manhã	0,372 (0,191; 0,553)		1,707 (0,488; 2,927)		ND	ND		
<b>VIAGENS A PÉ</b>								
IEMs PU - manhã	0,211 (0,011; 0,411)	0,248 (0,159; 0,337)	1,218 (0,154; 2,282)	1,566 (0,909; 2,224)	ND	0,281 (0,156; 0,405)	ND	2,306 (0,719; 2,064)
IEMs PU - noite	0,427 (0,310; 0,544)		2,002 (0,663; 3,340)		0,431 (0,317; 0,545)		2,023 (0,668; 3,378)	
IEMs PR - manhã	0,161 (0,051; 0,233)		0,591 (0,283; 0,895)		0,082 (0,026; 0,118)		0,271 (0,172; 0,392)	

**Legenda:** PU – Pública; PR – Privada; NA – Número de Alunos; NPF – Número de Professores e Funcionários;

ND – Não Definida (estatisticamente não significativa para  $\alpha = 5\%$ )

**Tabela 38: Modelos de geração de viagens**

	Aplicação do Modelo	Variável Independente	MODELOS DE ATRAÇÃO DE VIAGENS		MODELOS DE PRODUÇÃO DE VIAGENS	
			Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
VIAGENS VEICULARES	IEMs PU manhã	- NA	ND	--	NVVP = 0,047 NA	0,73
		NPF	NVVA = 0,606 NPF	0,73	NVVP = 0,311 NPF	0,84
	IEMs PU noite	- NA	NVVA = 0,047 NA	0,84	NVVP = 0,063 NA	0,84
		NPF	NVVA = 0,195 NPF	0,70	NVVP = 0,269 NPF	0,79
	IEMs PR manhã	- NA	NVVA = 0,292 NA	0,90	NVVP = 0,152 NA	0,93
		NPF	NVVA = 1,114 NPF	0,84	NVVP = 0,615 NPF	0,97
	Modelos globais	NA e D2	NVVA = 0,229 NA – 64,062 D2	0,70	NVVP = 0,117 NA – 25,873 D2	0,76(*)
		NPF e D2	NVVA = 1,019 NPF – 46,503 D2	0,75	NVVP = 0,56 NPF – 19,62 D2	0,89
NPF, D1 e D2		0,55 NPF + 56,746 D1 – 40,67 D2	0,86	ND	--	
VIAGENS POR ÔNIBUS	IEMs PU manhã	- NA	NVOA = 0,685 NA	0,96	NVOP = 0,279 NA	0,62
		NPF	NVOA = 4,14 NPF	0,87	NVOP = 1,727 NPF	0,63
	IEMs PU noite	- NA	NVOA = 0,321 NA	0,87	NVOP = 0,348 NA	0,88
		NPF	NVOA = 1,406 NPF	0,86	NVOP = 1,575 NPF	0,93
	IEMs PR manhã	- NA	NVOA = 0,452 NA	0,88	NVOP = 0,246 NA	0,69
		NPF	NVOA = 1,563 NPF	0,68	ND	--
Modelo global	NPF, D1 e D2	NVOA = -232,955 + 0,728 NA + 110,987 D1 + 91,586 D2	0,85	ND	--	
VIAGENS A PÉ	IEMs PU manhã	- NA	NVAPA = 0,187 NA	0,73	ND	--
		NPF	NVAPA = 1,156 NPF	0,73	NVAPP = 0,801 NPF	0,65
	IEMs PU noite	- NA	NVAPA = 0,411 NA	0,98	NVAPP = 0,413 NA	0,98
		Ln NPF	NVAPA = 33,863 Ln NPF	0,91	NVAPP = 34,073 Ln NPF	0,91
	IEMs PR manhã	- NA	NVAPA = 0,121 NA	0,84	NVAPP = 0,066 NA	0,87
		NPF	NVAPA = 0,463 NPF	0,80	NVAPP = 0,261 NPF	0,87
	Modelos globais	NA e D2	NVAPA = 0,115 NA + 68,202 D2	0,80	NVAPP = 0,298 NA – 84,383 D1	0,69
		NPF e D2	NVAPA = 0,503 + 77,680 D2	0,80	NVAPP = 0,766 NPF – 56,895 D1 + 72,815 D2	0,82(**)

**Legenda:** PU – Pública; PR – Privada; NVVA – Número de viagens veiculares atraídas; NVVP – Número de viagens veiculares produzidas; NA – Número de alunos no turno; NPF – Número de professores e funcionários; ND – Não definido (estatisticamente não significativa para  $\alpha = 5\%$ ); NVOA – Número de viagens atraídas por ônibus; NVOP – Número de viagens produzidas por ônibus; NVAPA – Número de viagens a pé atraídas; NVAPP – Número de viagens a pé produzidas; D1 – Variável dummy (D1=0, para turno da noite; D1 = 1, para turno da manhã); D2 – Variável dummy (D2 = 0, para escola privada; D2 = 1, para escola pública; (\*) – A variável D2 é estatisticamente significativa para  $\alpha = 6\%$ ; (\*\*)) – A variável D1 é estatisticamente significativa para  $\alpha = 6\%$ .



## 4. Análise Comparativa dos Estudos

### 4.1. Dimensão metodológica

A metodologia adotada pelo ITE (2001) tem sido considerada como referência para a maioria dos estudos de geração de viagens para os diferentes tipos de PGV. No material referente à determinação das taxas e modelos para as instituições de ensino não são apresentados detalhes específicos sobre a realização dos estudos considerados. Admite-se, portanto, que a metodologia geral apresentada pelo órgão tenha sido observada.

No que diz respeito às instituições de ensino, cumpre destacar a abrangência do trabalho com relação aos diferentes tipos de instituições incluídas. Foram desenvolvidas taxas e modelos de geração de viagens para escolas elementares, escolas médias, escolas superiores, colégios técnicos e instituições universitárias. As variáveis explicativas consideradas pelo ITE(2008) foram: número de estudantes; número de empregados; e 1000pés<sup>2</sup> de área construída. Somente no caso das instituições universitárias é que a área construída não foi incluída.

O tamanho da amostra considerada varia de acordo com o tipo de instituição e variável explicativa considerada, além do período e horário a que se referem as taxas e modelos. Por exemplo, para dias úteis, na hora de pico da manhã, o tamanho da amostra para as taxas e modelos referentes à variável explicativa “número de estudantes” foi igual a: 48 para escolas elementares; 25 para escolas médias; 68 para escolas superiores; 5 para colégios técnicos; e 6 para instituições universitárias. Em todos os casos, observa-se que a quantidade de elementos das amostras usadas para os colégios técnicos e instituições universitárias é bastante inferior a adotada para os demais tipos de instituição.

Os demais estudos realizados apresentaram aspectos metodológicos diferenciados, decorrentes, sobretudo, do seu propósito em termos do tipo de instituição e do elemento a ser estimado com as taxas e modelos. Alguns desses aspectos estão resumidos na Tabela 39.

**Tabela 39: Resumo da análise comparativa – Dimensão metodológica**

Estudo	Tipo de Instituição	Tamanho amostra	Objetivo da estimativa	Variáveis explicativas	Obtenção dos dados
CET (1983)	- Ensino Superior - Cursinhos - Escolas 1º /2º graus	05	Viagens atraídas na hora de pico	- Nº de alunos - Área total de salas de aula	- Contagens <i>in loco</i> - Questionário - Entrevista
CET (2000)	- Pré-escolar - Escolas 1º /2º graus	20	- Viagens atraídas na entrada do turno - Viagens produzidas na saída do turno	- Turno - Nº de usuários (por categoria) - Taxa média de ocupação do veículo	- Questionário - Entrevista
Tectran (2003a, 2003b, 2004)	Ensino Superior	NA	- Viagens geradas por dia e no horário de pico - Viagens geradas por turno	- Nº de usuários - Nº de alunos	- Contagens <i>in loco</i> - Levantamentos junto aos usuários
Nunes (2005)	Ensino Superior	10	Nº de vagas de estacionamento	Nº de alunos	- Contagens <i>in loco</i> - Questionário
Souza (2007)	Ensino Superior	06	- Viagens atraídas na entrada do turno - Viagens produzidas na saída do turno	Nº de alunos do turno	Questionário
Bertazzo (2008)	Escolas 2º grau públicas	05	- Viagens atraídas na entrada do turno - Viagens produzidas na saída do turno	- Categoria da instituição - Turno - Nº de alunos do turno - Nº de professores e funcionários	Questionário
	Escolas 2º grau privadas	05			
Herz et al. (2007, 2009)	Ensino Superior	13	Viagens geradas por dia	- Nº de alunos - Distância ao centro da cidade	- Contagens <i>in loco</i> - Questionário

NA – não se aplica porque os estudos foram para instituições específicas

Escola 1º grau: corresponde, atualmente, à escola que oferece a Educação Fundamental

Escola 2º grau: corresponde, atualmente, à escola que oferece a Educação de Ensino Médio

## 4.2. Padrão do PGV

Os estudos revisados referem-se a instituições que oferecem ensino em diferentes níveis. Exceto pelo trabalho do ITE (2008), onde todos os níveis de ensino são contemplados, e o da CET (1983) que apresenta modelos aplicáveis a instituições de nível fundamental, médio e superior, os demais trabalhos são focados em instituições com oferta de ensino em níveis específicos, como pode ser observado na Tabela 39.

Com relação ao porte das escolas estudadas, verificado, por exemplo, em termos do número de alunos das instituições incluídas na amostra, a Tabela 40 mostra os dados que foram possíveis obter por meio dos documentos revisados. Estes dados referem-se a toda a escola ou ao somente ao turno considerado no estudo, conforme o caso. No caso dos trabalhos da TECTRAN de 2003b e 2004, referem-se às instituições onde o modelo de geração foi aplicado.

**Tabela 40: Número de alunos das instituições incluídas nas amostras dos diferentes estudos**

Estudo	Número de alunos
ITE (2008)(*)	Instituições de Educação Infantil e primeiros anos do Ensino Fundamental: de 100 a 1.200
	Últimos anos do Ensino Fundamental: de 310 a 1.680
	Instituições de Ensino Médio: de 200 a 3.000
	Instituições de Ensino Profissional de Nível Superior: de 2.200 a 19.300
	Instituições de Ensino Superior: De 500 a 38.000
CET (1983)	NI
CET (2000)	NI
TECTRAN (2003a)	06
	1.936
TECTRAN (2003b)	1.350(*)
TECTRAN (2004)	2.525
Nunes (2005)	de 715 a 26.224
Souza (2007)	de 243 a 3.304 (**)
Bertazzo (2008)	Escolas Públicas(**): Manhã – de 296 a 779; Tarde – de 256 a 473; Noite: de 183 a 525
	Escolas Privadas (**): Manhã – de 272 a 597; Tarde – 445
Herz et al. (2007, 2009)	de 1.382 a 16.610
(*) O ITE apresenta, também, a variação da dimensão das instituições da amostra para o caso das variáveis explicativas dos modelos que não consideram o número de alunos	
(**) No turno estudado	
NI – não informado no documento analisado	

### 4.3. Dimensão Espacial

Dentre os estudos revisados, somente o de Herz et al. (2007, 2009) permite analisar o impacto da localização do empreendimento sobre a geração de viagens por meio de uma das variáveis explicativas do modelo, denominada “Distância do empreendimento ao centro da cidade”.

Na maioria dos demais estudos verifica-se que as instituições de ensino incluídas na amostra são, em geral, localizadas em áreas residenciais ou mistas (residencial/comercial) e servidas por transporte coletivo. No caso das Escolas Elementares do ITE (2008), sabe-se que nos Estados Unidos e Canadá elas são localizadas predominantemente em áreas residenciais. As características do uso e ocupação do solo na área de localização do empreendimento, bem como a situação da oferta do transporte público para os seus usuários, não foram inseridas em nenhum dos modelos revisados.

No que diz respeito à avaliação da área de influência dos empreendimentos, somente nos estudos realizados pela TECTRAN (2003a, 2003b, 2004) ela é efetuada. Nestes estudos, a área de influência é avaliada em função do acréscimo do fluxo de tráfego

nas interseções e segmentos de vias utilizadas pelos usuários do empreendimento, obtido por meio de estudos de distribuição e alocação das viagens geradas.

#### **4.4. Dimensão Temporal**

No que diz respeito à dimensão temporal, somente as taxas e modelos do estudo do ITE(2008) é que cobrem uma grande diversidade de períodos de tempo (diferentes dias da semana e em diferentes horários). O estudo de Herz et al. (2007, 2009) e o da TECTERAN (2003a) permitem a estimativa da geração de viagens ao longo de um dia útil, sendo que este último também permite avaliação da geração de viagens no horário de pico do empreendimento, que coincide com a entrada do turno da manhã. Os demais estudos referem-se ao períodos de pico observados na entrada dos turnos (CET, 1983; TECTRAN (2003b, 2004), ou na entrada e saída dos turnos (CET, 2000; Souza, 2007; Bertazzo, 2008). O trabalho de Nunes não se refere a um intervalo horário específico, referindo-se apenas ao período do dia onde é observada a máxima acumulação de veículos nos estacionamentos que servem as instituições.

#### **4.5. Padrão de Viagens**

Exceto no caso do estudo do ITE (2008), todos os estudos revisados apresentam uma análise do padrão de viagens no que se refere aos modos de transporte utilizados pelos usuários das instituições. Contemplam, também, modelos para a estimativa do número de viagens por outros modos de transporte além do automóvel, especialmente para ônibus e pedestres. Em alguns estudos são consideradas, em cada período, todas as viagens geradas (produzidas e atraídas), em outros só as viagens atraídas na entrada do turno mais carregado e, ainda, em alguns só as viagens atraídas no início e as produzidas no final de cada turno são estimadas (ver Tabela 41).

Nos modelos para estimativa do número de viagens geradas por automóvel (viagens veiculares), alguns permitem a estimativa direta, enquanto outros realizam esta estimativa em duas etapas: primeiro definem o número total de usuários que usam automóvel para depois, levando em conta a taxa de ocupação dos veículos calcularem o número de viagens veiculares. A Tabela 41 faz uma síntese dos modos de transporte incluídos nos diferentes estudos revisados, especificando a forma de estimativa das viagens realizadas com automóvel. O estudo de Nunes (2005) não é incluído dado que visa estimar especificamente o número de vagas de estacionamento para automóveis.

**Tabela 41: Síntese dos modos de transporte considerados em cada estudo**

Estudo	Propósito do modelo	Modo de transporte considerado	
		Estimativa de número de viagens de pessoas	Estimativa de número de viagens veiculares
ITE (2008)	(1)		Automóvel
CET (1983)	(2)		Automóvel
CET (2000)	(3)	Automóvel, Ônibus, A pé	Automóvel
TECTRAN (2003a)	(1)	Automóvel, Ônibus, A pé	Automóvel, Ônibus
TECTRAN (2003b)	(2)	Automóvel, Van, Ônibus, A pé	Automóvel, Van, Ônibus
TECTRAN (2004)	(2)	Automóvel, Ônibus, A pé	Automóvel, Ônibus
Souza (2007)	(3)	Ônibus, A pé	Automóvel
Bertazzo (2008)	(3)	Ônibus, A pé	Automóvel
Herz et al. (2007, 2009)	(1)	Modos motorizados (4), Ônibus, Modos não-motorizados (5)	Automóvel

Legenda:

- (1) Estimativa de viagens geradas (produzidas e atraídas)
- (2) Estimativa de viagens atraídas na entrada do turno
- (3) Estimativa de viagens atraídas na entrada e viagens produzidas na saída do turno
- (4) Inclui automóvel, taxi e moto
- (5) Inclui modos a pé e bicicleta

## 5. Conclusões e Recomendações dos Estudos

De acordo com o propósito inicialmente estabelecido, este trabalho mostra alguns estudos ibero-americanos relacionados a instituições de ensino, com foco em modelos e taxas de geração de viagens e previsão do número de vagas de estacionamento. O estudo do ITE (2008) é também apresentado, sobretudo com o objetivo de auxiliar os técnicos de cidades não contempladas com modelos locais e, ao mesmo tempo, mostrar a necessidade de ampliação dos estudos nos países ibero-americanos.

Os estudos revisados referem-se a estimativas de diferentes variáveis associadas à geração de viagens, o que torna difícil compará-los entre si. Além disso, como o número de estabelecimentos incluídos em cada estudo é relativamente pequeno, observa-se que a maioria deles precisaria passar por um processo de validação mais abrangente. Este aspecto e, o alerta de que as equações carecem de generalidade para serem aplicadas em contexto diferente daquele em que foram elaboradas, tem sido uma preocupação freqüentemente registrada pelos autores dos estudos. Além disso, embora derivadas das recomendações do ITE (2001), como as metodologias adotadas para a coleta e tratamento dos dados varia bastante entre os estudos, sente-se falta de uma orientação mais específica para a realização de futuros trabalhos sobre o tema.

Assim, em que pese o mérito individual dos trabalhos revisados no que diz respeito ao tratamento de situações específicas, um dos aspectos que a revisão deixa claro é a necessidade de se estabelecer uma base conceitual sólida para a elaboração de futuros estudos. A definição de uma metodologia para coleta e tratamento dos dados, que seja compatível com as características de localização e gerenciamento das escolas dos países ibero-americanos reveste-se, também, de grande importância.

Naturalmente, para que se possa construir uma base de conhecimentos que seja útil aos países ibero-americanos, é preciso, inicialmente, estabelecer quais os principais impactos da implantação de uma instituição de ensino que esses países consideram importante analisar. Esta identificação precisa refletir as principais preocupações dos seus técnicos com a implantação de PGVs em geral e instituições de ensino em particular.

Características particulares desses empreendimentos, como a operação concentrada de embarque e desembarque de alunos no início e final dos turnos nas imediações das escolas, especialmente nas que oferecem ensino infantil, fundamental e médio, precisam ser consideradas. A questão dos estacionamentos nas instituições de ensino superior, em geral com baixa rotatividade, e aspectos relacionados ao gerenciamento da mobilidade também merecem atenção.

## Referências Bibliográficas

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.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1986) Pólos Geradores de Tráfego. *Boletim Técnico 32*, São Paulo.

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (2000) Pólos Geradores de Tráfego II. *Boletim Técnico 36*, São Paulo.

CORRÊA, M. M. D. & GOLDNER, L. G., 1999, *Uma metodologia para Delimitações da Área de Influência de Shopping Centers*, Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes, Brasil.

EWING, R., W. SCHROEER, and W. Greene, W. (2004). School Location and Student Travel: Analysis of Factors Affecting Mode Choice. In Transport Research Record: *Journal of Transportation Research Board*, No. 1895. TRB. National Research Council. Washington, DC: 2004.

GOLDNER, L. G., 1994, Uma metodologia de impactos de shopping centers sobre o sistema viário urbano, *Tese de Doutorado* do Programa de Engenharia de Transportes da COPPE UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

HERZ,M., GALARRAGA J., PASTOR G. (2007) Centros Universitarios Como Polos Generadores de Viajes. **XIV CLATPU Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano**, Río de Janeiro.

HERZ,M., GALARRAGA J., PASTOR G. (2009) Características de Generación y Distribución Modal de Viajes en centros Educativos Universitarios. **XV CLATPU Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano**, Buenos Aires

ITE - Institute of Transportation Engineers (2001). **Trip Generation Handbook - an ITE Recommended Practice**. Washington, DC.

ITE – Institute of Transportation Engineers (2008) -**TRIP GENERATION**, 8th Edition, Washington,D.C

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

PORTUGAL, L. da S. & GOLDNER, L. G., 2003, **Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes**, Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.

SILVEIRA, I.T. (1991). *Análise de Pólos Geradores de Tráfego Segundo sua Classificação, Área de Influência e Padrão de Viagens*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia de Transportes/COPPE. Rio de Janeiro – RJ.

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

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.

TECTRAN – Técnicos em Transporte Ltda (2004). **Relatório de Impacto na Circulação da Faculdade Estácio de Sá de Belo Horizonte – Campus Prado**. Belo Horizonte: TECTRAN, 2004.