

Calibração de modelo de geração de viagens para condomínios de edifícios residenciais.

Pedro Henrique Souza de Oliveira¹; Frederico Rodrigues²

¹Transbetim, Av. Gov. Valadares – nº: 838 – Bairro: Centro – Betim (MG), (31) 8527-1286, pedro.engenhariae@gmail.com;

²ImTraff Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda., Av. Cristiano Machado – nº: 640 sala: 1106 – Bairro: Bairro da Graça – Belo Horizonte (MG), (31) 2516-8001, frederico@imtraff.com.br;

SÍNTESE

Torna-se cada vez mais comum o surgimento de condomínios verticais residenciais. Estes locais, pelo seu porte, podem se tornar Polos Geradores de Viagem. Está sendo apresentado modelos de geração de viagens que foram calibrados a partir de 9 residenciais pesquisados na cidade de Betim-MG.

Palavra-chave: Polo Gerador de Viagem, Condomínio verticais residenciais, Calibração de modelo.

INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento e adensamento das áreas urbanas torna-se cada vez mais comum o processo de verticalização das áreas residenciais, o que faz surgir os condomínios de edifícios. Estes locais, devido à magnitude do número de unidades habitacionais, se tornam Polos Geradores de Viagem (PGV) que precisam ser estudados, com foco em mensuração, minimização dos impactos gerados e de proposição de medidas viabilizadoras, tais como o dimensionamento da oferta do transporte coletivo, adequações viárias, etc.

Conforme Portugal (2012) a previsão de viagens é uma etapa básica para estudos de impactos, e que envolve planejamento de transporte e trânsito nas cidades. No Brasil, no entanto, é um tema pouco investigado, principalmente no que diz respeito a empreendimentos residenciais.

Uma suposta hipótese levantada por Portugal (2012) para tentar explicar o porquê dos poucos estudos identificados para empreendimentos residenciais seria a difícil qualificação destes como Polo Gerador de Viagem (PGV), uma vez que os mesmos apresentam características difusas como: Casas isoladas, conjuntos habitacionais, edifícios residenciais, condomínios fechados, edifícios de uso misto e áreas de ocupação informal, como favelas e loteamentos clandestinos.

Assim, o presente trabalho visa oferecer esta contribuição à comunidade acadêmica (um modelo de estimativa de viagens geradas por empreendimentos do tipo condomínios residenciais verticais), bem como aos profissionais do mercado ou poder público, que lidam constantemente com a demanda de estimar viagens deste tipo de PGV.

CONDOMÍNIOS VERTICAIS RESIDENCIAIS PESQUISADOS – COLETA DE DADOS

Foram pesquisados no município de Betim-MG, região metropolitana de Belo Horizonte - MG, 9 condomínios verticais em áreas tipicamente residenciais, afastadas entre 10 e 20 minutos da área Central da cidade. Como características físicas gerais dos residenciais, podem ser citadas:

- Torres de 4 apartamentos por andar com altura máxima de 4 pavimentos (16 aptos por torre);

- Apartamentos de 40 m² a 50 m² de área construída;
- Apartamentos de 2 a 3 quartos;
- 1 vaga de estacionamento de veículo leve para cada unidade residencial (apartamento) sendo que em alguns estabelecimentos a demarcação de vagas não era bem definida;
- Oferta de transporte público satisfatória em todos os residenciais;
- Malha do sistema viário lindeiro satisfatória e com boas condições de acessibilidade.

Apesar de não ter sido feita a coleta de renda média da população dos residenciais, informa-se que estes dados foram diversificados, mas que seguramente não envolveu condomínios luxuosos que se caracterizariam como para público de Classes A e B.

Tal heterogeneidade dos condomínios pesquisados envolveu também aquele pertencente ao plano do governo federal “MINHA CASA MINHA VIDA”, que corresponde ao residencial “E” de 496 aptos. Logo, pode-se dizer que o modelo a ser apresentado neste trabalho é mais recomendável para classes média e baixa (C e D).

O número de apartamentos de cada condomínio vertical pesquisado se encontra na Tabela 1.

De modo a não identificar os estabelecimentos pesquisados, os mesmos receberam codificação de A a I.

Tabela 1 – Relação de condomínios pesquisados

CONDOMÍNIO VERTICAL	UNIDADES RESIDENCIAIS (APTOS)
A	64
B	80
C	112
D	160
I	240
G	278
F	288
H	360
E	496

A coleta de dados foi realizada posicionando pesquisadores na porta de cada um dos condomínios munidos de formulário próprio nos períodos de 06:00h às 10:00h (período da manhã) e de 16:00h às 20:00h (período da tarde) em uma quinta-feira típica do mês de outubro de 2014.

Ressalta-se que se tratando de Autos e Motos, as contagens foram feitas desconsiderando a ocupação veicular, ou seja, se três pessoas saíram ou entraram em um mesmo veículo o pesquisador contou apenas um automóvel.

No caso de pessoas que saíam do condomínio a pé, as mesmas eram entrevistadas pelos pesquisadores que as questionavam se estava indo a um destino a pé ou se dirigindo a um ponto de embarque e desembarque do transporte coletivo para que fosse possível obter as viagens a pé e de ônibus. Nesta situação, se 4 pessoas saíam do condomínio se dirigindo a um ponto de embarque e desembarque o pesquisador marcava 4 ônibus.

RESULTADOS DA COLETA DE MOVIMENTAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA DOS CONDOMÍNIOS VERTICAIS

Os dados obtidos em campo de 15 em 15 minutos foram tabulados em planilhas eletrônicas onde foram obtidos os horários de pico de cada residencial e os seus respectivos valores de geração de viagens horários (intervalo de uma hora). A Tabela 2 e Tabela 3 trazem os valores contabilizados de movimentação de entrada e saída nos horários de pico (intervalo de 1 hora) de cada residencial nos períodos da manhã e da tarde. De Forma geral verifica-se, considerando a média de todos os residenciais pesquisados, que o horário de pico da manhã ocorre de 06:15h às 08:00h enquanto à tarde ocorre de 17:15h às 19:15h.

Tabela 2 – Fluxos de entrada e saída no pico da manhã dos residenciais

	CONDOMÍNIO	A	B	C	D	I	G	F	H	E
	APARTAMENTOS	64	80	112	160	240	278	288	360	496
	HORA PICO DO RESIDENCIAL	06:30 às 07:30	06:15 às 07:15	06:45 às 07:45	07:00 às 08:00	06:15 às 07:15	06:45 às 07:45	06:30 às 07:30	06:45 às 07:45	06:45 às 07:45
ENTRADA	AUTO	2	0	4	3	5	9	14	18	14
	MOTO	0	0	0	1	0	3	0	0	7
	ÔNIBUS	1	1	0	1	0	2	2	5	2
	A PÉ	2	7	14	3	6	36	15	13	45
	TOTAL ENTRADA	5	8	18	8	11	50	31	36	68
SAÍDA	AUTO	10	7	13	29	25	39	51	87	44
	MOTO	2	1	2	11	4	7	1	2	14
	ÔNIBUS	5	11	7	23	25	30	21	24	89
	A PÉ	5	22	26	11	27	49	75	43	178
	TOTAL SAÍDA	22	41	48	74	81	125	148	156	325
ENTRADA + SAÍDA	AUTO	12	7	17	32	30	48	65	105	58
	MOTO	2	1	2	12	4	10	1	2	21
	ÔNIBUS	6	12	7	24	25	32	23	29	91
	A PÉ	7	29	40	14	33	85	90	56	223
	ENTRADA + SAÍDA	27	49	66	82	92	175	179	192	393

Tabela 3 – Fluxos de entrada e saída no pico da tarde dos residenciais

CONDOMÍNIO		A	B	C	D	I	G	F	H	E
APARTAMENTOS		64	80	112	160	240	278	288	360	496
HORA PICO DO RESIDENCIAL		17:15 às 18:15	16:30 às 17:30	18:15 às 19:15	17:45 às 18:45	17:45 às 18:45	18:15 às 19:15	18:00 às 19:00	17:30 às 18:30	17:15 às 18:15
ENTRADA	AUTO	10	2	9	28	24	54	38	100	59
	MOTO	2	0	1	8	9	4	6	1	11
	ÔNIBUS	7	0	7	13	17	37	35	17	71
	A PÉ	5	24	22	24	32	23	36	36	153
	TOTAL ENTRADA	24	26	39	73	82	118	115	154	294
SAÍDA	AUTO	7	3	1	16	22	53	28	57	27
	MOTO	0	1	0	6	3	7	7	2	8
	ÔNIBUS	0	0	0	4	3	5	17	0	15
	A PÉ	3	25	28	15	34	15	31	20	59
	TOTAL SAÍDA	10	29	29	41	62	80	83	79	109
ENTRADA + SAÍDA	AUTO	17	5	10	44	46	107	66	157	86
	MOTO	2	1	1	14	12	11	13	3	19
	ÔNIBUS	7	0	7	17	20	42	52	17	86
	A PÉ	8	49	50	39	66	38	67	56	212
	TOTAL ENTRADA + SAÍDA	34	55	68	114	144	198	198	233	403

Os percentuais de entrada e saída dos picos de cada residencial foram identificados para os períodos de pico da manhã e da tarde e estão identificados respectivamente na Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 - Percentuais de entradas e saída no pico da manhã dos residenciais

COND. VERT.	A	B	C	D	I	G	F	H	E	MÉDIA	DESV PAD
APTOS	64	80	112	160	240	278	288	360	496		
% ENTRADA	18,5%	16,3%	27,3%	9,8%	12,0%	28,6%	17,3%	18,8%	17,3%	18,4%	6,2%
% SAÍDA	81,5%	83,7%	72,7%	90,2%	88,0%	71,4%	82,7%	81,3%	82,7%	81,6%	6,2%

Tabela 5 - Percentuais de entradas e saída no pico da tarde dos residenciais

COND. VERT.	A	B	C	D	I	G	F	H	E	MÉDIA	DESV PAD
APTOS	64	80	112	160	240	278	288	360	496		
% ENTRADA	70,6%	47,3%	57,4%	64,0%	56,9%	59,6%	58,1%	66,1%	73,0%	61,4%	7,9%
% SAÍDA	29,4%	52,7%	42,6%	36,0%	43,1%	40,4%	41,9%	33,9%	27,0%	38,6%	7,9%

Os dados coletados também permitiram a identificação da porcentagem correspondente aos modos de transporte na geração de viagens de cada residencial. Vale ressaltar que para autos e motos não se deve efetuar as divisões por ocupação veicular, por motivos já

explicitados anteriormente. Enfatiza-se também que “ÔNIBUS” significa: Pessoas chegando ou saindo em direção a um ponto de embarque e desembarque para pegar um ônibus.

Deste modo, têm-se os percentuais identificados na Tabela 6 para a hora de pico dos residenciais no turno da manhã e a Tabela 7 para o pico dos residenciais no turno da tarde.

Tabela 6 - Percentuais de modos de transporte no pico da manhã dos residenciais

COND VERT	A	B	C	D	I	G	F	H	E		
APTOS	64	80	112	160	240	278	288	360	496	MÉDIA	DESV PAD
AUTO	44,4%	14,3%	25,8%	39,0%	32,6%	27,4%	36,3%	54,7%	14,8%	32,1%	13,3%
MOTO	7,4%	2,0%	3,0%	14,6%	4,3%	5,7%	0,6%	1,0%	5,3%	4,9%	4,3%
ÔNIBUS	22,2%	24,5%	10,6%	29,3%	27,2%	18,3%	12,8%	15,1%	23,2%	20,4%	6,5%
A PÉ	25,9%	59,2%	60,6%	17,1%	35,9%	48,6%	50,3%	29,2%	56,7%	42,6%	16,0%

Tabela 7 - Percentuais de modos de transporte no pico da tarde dos residenciais

COND VERT	A	B	C	D	I	G	F	H	E		
APTOS	64	80	112	160	240	278	288	360	496	MÉDIA	DESV PAD
AUTO	50,0%	9,1%	14,7%	38,6%	31,9%	54,0%	33,3%	67,4%	21,3%	35,6%	19,1%
MOTO	5,9%	1,8%	1,5%	12,3%	8,3%	5,6%	6,6%	1,3%	4,7%	5,3%	3,6%
ÔNIBUS	20,6%	0,0%	10,3%	14,9%	13,9%	21,2%	26,3%	7,3%	21,3%	15,1%	8,3%
A PÉ	23,5%	89,1%	73,5%	34,2%	45,8%	19,2%	33,8%	24,0%	52,6%	44,0%	24,0%

OBTENÇÃO DOS MODELOS

Diante dos resultados obtidos da coleta de movimentação de entrada e saída dos condomínios verticais foram calibrados modelos para a previsão de viagens geradas para os períodos de pico dos residenciais nos períodos da manhã e da tarde.

Os modelos calibrados fornecem o total de viagens geradas (desconsiderando a ocupação veicular).

Tendo-se por objetivo obter a relação dos fluxos de entrada e saída bem como os modos de transporte das viagens geradas, podem ser utilizadas as tabelas de percentuais médios obtidos a partir da análise conjunta de todos os residenciais pesquisados.

Para melhor compreensão foi realizado um exemplo prático ao final do artigo.

As retas obtidas de aplicação das equações de previsão de geração de viagens, bem como a malha de pontos utilizados para obtenção dos modelos, estão demonstradas na Figura 1 e Figura 2 – Equação para obtenção de geração de viagens no pico da tarde dos residenciais

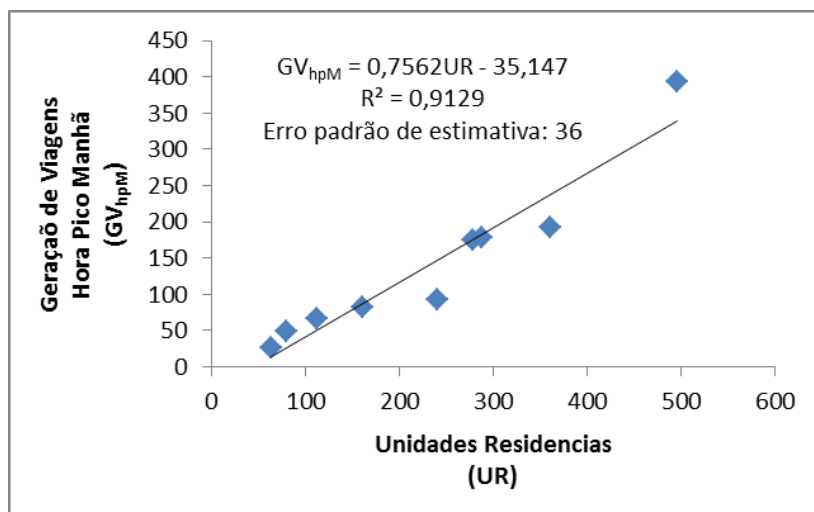


Figura 1 – Equação para obtenção de geração de viagens no pico da manhã dos residenciais

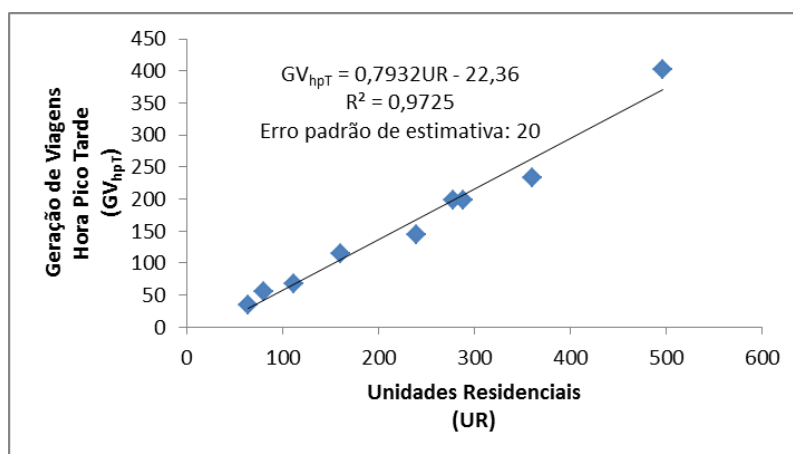


Figura 2 – Equação para obtenção de geração de viagens no pico da tarde dos residenciais

O coeficiente de Determinação Estatística (R²) apresentou valores bastante satisfatórios para ambos os picos em análise, bem como baixos valores para os erros padrão de estimativa atestando a precisão dos modelos.

A seguir são apresentadas as equações obtidas a partir do processo de calibração, utilizado a técnica estatística de regressão linear simples (apenas uma variável do tipo independente no modelo):

$$GV_{hpM} = 0,7562UR - 35,147 \quad (1)$$

$$GV_{hpT} = 0,7932UR - 22,36 \quad (2)$$

Onde:

GV_{hpM} = Geração de Viagens no pico da **manhã** dos residenciais

GV_{hpT} = Geração de Viagens no pico da **tarde** dos residenciais

UR = Total de Unidades Residenciais do condomínio vertical (Total de Apartamentos)

AVALIAÇÃO DOS MODELOS OBTIDOS

Conforme Rodrigues (2007) uma forma para avaliação de modelos calibrados é aplica-los aos próprios objetos/dados de estudo, adotando-se assim a metodologia do erro médio absoluto percentual, que pode ser obtido pela Equação 1.

$$E_{ma}\% = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_{ci} - X_{ri}|}{X_{ri}} \times 100\%}{n} \quad (3)$$

Onde:

$E_{ma}\%$ = erro médio absoluto percentual

X_{ri} = Medida real do residencial i

X_{ci} = Medida obtida a partir do modelo calibrado do residencial i

n = total de residenciais pesquisados

Aplicando-se então os modelos calibrados aos condomínios residenciais pesquisados, tem-se para o período da manhã e da tarde um erro médio absoluto percentual de 25% e 10%, respectivamente.

A Tabela 8 e a Figura 5 apresentam a comparação entre os dados reais e estimados pelo modelo para o pico da manhã.

Tabela 8 – Erro médio absoluto percentual no pico da manhã dos residenciais

CONDOMÍNIO VERTICAL	UNIDADES RESIDENCIAIS (APTOS)	ENTRADA + SAÍDA (REAL)	ENTRADA + SAÍDA (ESTIMADA PELO MODELO)	DIFERENÇA ABSOLUTA	ERRO ABSLUTO PERCENTUAL
A	64	27	13	14	51%
B	80	49	25	24	48%
C	112	66	50	16	25%
D	160	82	86	4	5%
I	240	92	146	54	59%
G	278	175	175	0	0%
F	288	179	183	4	2%
H	360	192	237	45	23%
E	496	393	340	53	14%
ERRO MÉDIO ABSLUTO PERCENTUAL					25%

Para aqueles empreendimentos que o modelo estimou valores de geração de viagens menores que os reais, observou-se uma média de 35%. Desta forma, sugere-se, **em casos especiais**, que para estudos onde não pode haver riscos de se subestimar a demanda, seja utilizado o fator de 1,35 para o resultado final calculado pelo modelo.

A Tabela 9 e a Figura 6 apresentam a comparação entre os dados reais e estimados pelo modelo para o pico da tarde.

Tabela 9 – Erro médio absoluto no pico da tarde dos residenciais

CONDOMÍNIO VERTICAL	UNIDADES RESIDENCIAIS (APTOS)	ENTRADA + SAÍDA (REAL)	ENTRADA + SAÍDA (ESTIMADA PELO MODELO)	DIFERENÇA ABSOLUTA	ERRO ABSOLUTO PERCENTUAL
A	64	34	28	6	16%
B	80	55	41	14	25%
C	112	68	66	2	2%
D	160	114	105	9	8%
I	240	144	168	24	17%
G	278	198	198	0	0%
F	288	198	206	8	4%
H	360	233	263	30	13%
E	496	403	371	32	8%
ERRO MÉDIO ABSOLUTO PERCENTUAL					10%

Já para o pico da tarde, o erro médio absoluto foi bem menor. Análogo ao pico da manhã, aqueles empreendimentos que o modelo estimou valores de geração de viagens menores que os reais, observou-se uma média de 10%. Assim, em casos especiais, sugere –se utilizar um fator de 1,10 para o resultado final calculado pelo modelo.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Para tornar mais didática sua compreensão e consequente utilização faz-se, a seguir, uma aplicação prática dos modelos calibrados.

Deseja-se estimar para a hora pico da tarde o total de viagens geradas para um edifício vertical de 300 apartamentos a ser implantado no centro comercial da cidade.

Resolução:

A equação a ser utilizada é dada pela fórmula: $GV_{hpT} = 0,7932UR - 22,36$ onde UR sendo igual a 300 retornará um GV_{hpT} de aproximadamente 216 viagens geradas. Sendo o local de implantação do PGV, o centro comercial da cidade, sugere-se a aplicação do fator 1,1, que retornará, a favor da segurança, uma geração de 238 viagens geradas.

Aplicando-se os percentuais da média aritmética dos modos de transporte da Tabela 7, e a média da atração e produção fornecida pela

Tabela 5, ter-se-á como geração de viagens os valores apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Estimativa de viagens geradas no pico da tarde do residencial

	AUTO (35,6%)	MOTO (5,3%)	ÔNIBUS (15,1%)	A PÉ (44%)	TOTAL
ENTRADA (68,4%)	58	9	25	72	163
SAÍDA (31,6%)	27	4	11	33	75
TOTAL	85	13	36	105	238

CONCLUSÕES

A partir da investigação em 9 residenciais na cidade de Betim-MG, foi possível obter modelos de previsão de viagens que apresentaram coeficientes de determinação estatística R^2 satisfatórios e baixos erros padrão de estimativa. O modelo para o pico da tarde se mostrou mais preciso que aquele calibrado para o pico da manhã.

Outro método também utilizado para avaliar a precisão dos modelos calibrados foi o erro médio absoluto percentual, que apresentou valores toleráveis.

Ainda sim, para se evitar que o modelo faça estimativas menores que as reais, identificou-se também fatores de correção a serem aplicados aos resultados, somente quando for necessário trabalhar à favor da segurança.

Através de um exemplo foi possível também mostrar a aplicação prática do modelo, bem como sua facilidade para utilização em meio acadêmico ou no próprio mercado de análises de PGVs.

Chama-se a atenção para sua aplicação para valores de unidades residenciais externas àquelas utilizadas na calibração do modelo. Esta deve ser feita com cautela e parcimônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Portugal, Licínio da Silva. *Polos Geradores de Viagens Orientados à qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens*, 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012;

DENATRAN/FGV. *Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego*, 1. Ed. Brasília: DENATRAN/FGV, 2001;

Rodrigues, Frederico. *Development of a Predict Traffic Noise Model in highways: A Comparison with a Appraised Model, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering - Inter-noise. 2007.*