



AEAMESP



IMPACTO DA PROXIMIDADE A ESTAÇÕES DE METRÔ SOBRE O COMPORTAMENTO DA DEMANDA POR TRANSPORTES

Dionísio Matrigani Mercado Gutierres

Orlando Strambi



AEAMESP



20ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

CATEGORIA 1

IMPACTO DA PROXIMIDADE A ESTAÇÕES DE METRÔ

SOBRE O COMPORTAMENTO DA DEMANDA POR TRANSPORTES

1. INTRODUÇÃO

A oferta de um novo meio de transporte, em especial os de alta capacidade, pode promover mudanças na organização das tarefas diárias dos indivíduos ao afetar o modo como se locomovem e os locais onde realizam suas atividades cotidianas, tornando-se um potencial modificador do entorno em que se insere. O objetivo do trabalho é identificar possíveis diferenças no comportamento relativo à demanda por transportes de famílias residentes a diferentes distâncias de estações de Metrô selecionadas.

Para observar esse fenômeno, o trabalho considera a região próxima a duas extensões de linhas de Metrô de São Paulo: o trecho Santana-Tucuruvi da Linha 1 – Azul e o trecho Clínicas-Vila Madalena da Linha 2 – Verde, nos quais foram inauguradas 5 estações ao longo do ano de 1998. O trabalho analisa o efeito da distância da residência a estações de Metrô sobre o comportamento das famílias, utilizando dados da Pesquisa Origem e Destino (O/D) 2007.



AEAMESP



Foram analisados três aspectos do comportamento das famílias – a posse de autos, o total de viagens diárias e o número de viagens diárias a pé – que podem estar associados à proximidade a estações de Metrô, seja pelo aumento da acessibilidade trazido por esta infraestrutura ou por possíveis mudanças de uso do solo resultantes da proximidade da estação.

O artigo está estruturado da seguinte forma. O item seguinte apresenta uma breve revisão de alguns dos principais estudos relacionando aspectos do ambiente construído com o comportamento da demanda por viagens. O item 3 apresenta a escolha das zonas de estudo, enquanto o item 4 descreve a metodologia utilizada. A análise dos resultados é apresentada no item 5, seguido pelas principais conclusões do estudo.

2. DIAGNÓSTICO

Foi realizada uma revisão da literatura com objetivo de identificar variáveis relevantes para explicar a relação entre o ambiente construído e o comportamento da demanda por transportes, visando separar o efeito da distância à estação dos efeitos causados pelas demais variáveis.

O relacionamento entre ambiente construído e mudanças no comportamento da demanda por viagem tem sido bastante estudado nos últimos anos. Paralelamente, planejadores urbanos têm proposto novos conceitos conhecidos por *New Urbanism*, *Friendly Neighborhoods* e *Transit Oriented Development* (TOD) visando promover formas urbanas cujos atributos incentivem o uso de modos de transportes alternativos ao automóvel particular (Cervero, 2002).



AEAMESP



Entre os benefícios comumente associados ao TOD incluem-se: melhora na qualidade de vida e na mobilidade dos moradores; aumento nas viagens a pé; diminuição dos congestionamentos, nos acidentes de trânsito e no gasto com transportes; valorização das propriedades do entorno; redução na poluição urbana; e diminuição na tendência de espalhamento da cidade. Neste sentido, cabe mencionar Curitiba, uma cidade mundialmente reconhecida pelo seu sistema de transporte e por ser modelo para vários outros casos de TOD em implantação (Parras, 2006).

Ewing e Cervero (2010) compilaram diversos estudos nos Estados Unidos, relacionando comportamento da demanda por viagens ao ambiente construído e características socioeconômicas das famílias e indivíduos, utilizando medidas de elasticidade para estabelecer essas relações.

Usando dados de viagens diárias de Nova York e New Jersey, Salon (2006) concluiu que um ambiente construído compacto e com diversidade de usos associado a mudanças na densidade populacional na maioria das áreas de Nova York contribui com cerca de 1/2 a 2/3 de aumento nas viagens a pé.

Zhou e Kockelman (2008), em um estudo em Austin, Texas, concluíram que o ambiente construído explicou de 58% a 90% da escolha da localização residencial. Seu estudo foca a relação entre a escolha de onde residir e sua dependência do ambiente construído. Os autores concluem que a escolha da residência parece ter uma relação muito forte com as atividades que o indivíduo pretende realizar, escolhendo um entorno favorável a essas atividades ou que tenha acesso facilitado a elas.

Com dados de viagem de quatro regiões de configuração suburbana no Estado da Carolina do Norte, Cao (2010) reportou que, na média, o tipo de vizinhança contribuiu para explicar



AEAMESP



apenas 6% do efeito observado na frequência das viagens a pé utilitárias - com motivo motivo e destino específicos - mas contribuiu com 86% no caso das viagens a pé de lazer.

Ewing e Cervero (2001) sustentam que a frequência de viagem, a escolha de modo e os comprimentos de viagem são funções das características socioeconômicas dos usuários e do ambiente construído. Sugerem, portanto, que estudar mudanças no comportamento da demanda por viagens de uma determinada região consiste em buscar nas características socioeconômicas e no uso do solo a explicação para as mudanças observadas.

De forma geral, os estudos mencionados apresentam as características socioeconômicas das famílias, a presença de oportunidades para a realização de atividades propiciada pela diversidade de usos, a posse de automóveis e a quantidade de viagens realizadas por diferentes modos como variáveis relacionadas. Portanto, elas devem constar neste estudo que busca um melhor entendimento do efeito da proximidade a estações de metrô sobre o comportamento da demanda por transportes.

3. SELEÇÃO DAS ZONAS DE ESTUDO

Foram analisados neste estudo os entornos das estações Parada Inglesa, Jardim São Paulo e Tucuruvi, da Linha 1 – Azul, e das estações Sumaré e Vila Madalena, da Linha 2 – Verde; todas inauguradas em 1998. Essas estações foram selecionadas visando controlar o possível efeito do tempo de consolidação dos impactos que este tipo de infraestrutura provoca tanto no uso do solo do entorno como no comportamento da demanda. Foram utilizados para análise dados da Pesquisa Origem e Destino 2007 (O/D); admite-se que o período 1998-2007 seja suficiente para que as principais alterações esperadas de comportamento possam ser



AEAMESP



observadas.

O zoneamento adotado na pesquisa Origem e Destino 2007 possui 460 zonas. Para este estudo foram selecionadas zonas contidas em um arco traçado a partir da última estação anterior à extensão, buscando-se evitar zonas que já estivessem atendidas anteriormente pelo Metrô. As zonas no entorno das duas extensões de linha foram consideradas candidatas ao grupo que sofre influência direta do Metrô. Foi selecionado também um conjunto de zonas mais distantes, mas adjacentes ao primeiro grupo, para compor um grupo de controle.

Para determinar os dois conjuntos de zonas, foram analisadas as viagens realizadas por modo coletivo com origem ou destino nas zonas selecionadas. Estas viagens pelo modo coletivo foram classificadas em:

- Acesso direto ao Metrô – o Metrô é o primeiro modo utilizado quando a zona considerada é origem da viagem, bem como último modo quando a zona é o destino da viagem;
- Outro modo + Metrô – o Metrô não é o primeiro modo utilizado quando a zona considerada é origem da viagem, e não é o último modo quando a zona é o destino da viagem;
- Combinações de outros modos que não o Metrô.

Os dois grupos de zonas foram formados em função da proporção de viagens com “Acesso direto ao Metrô”:

- Grupo com (acesso direto ao) Metrô; zonas do entorno imediato das estações que apresentaram mais de 5% das viagens com “Acesso direto ao Metrô”. A única exceção é a zona Pompéia, que foi mantida devido à proximidade com a Estação Vila Madalena.

- Grupo sem (acesso direto ao) Metrô; demais zonas selecionadas e com 5% ou menos de viagens com “Acesso direto ao Metrô”.
- RMSP – universo das pesquisas O/D, incluindo os grupos anteriores.

A Tabela 1 mostra, para cada extensão de linha, os dois grupos de zonas e os percentuais de viagens classificadas como sendo de “Acesso direto ao Metrô”, assim como as quantidades de viagens na amostra, entre parênteses. A Figura 1 mostra a divisão dos grupos para a Linha 1 – Azul e para a Linha 2 – Verde.

Tabela 1: Zonas selecionadas para o estudo

Grupo	Zona	Acesso direto ao Metrô		
		2007		
		Estimado	Amostrai	
Linha 1 Grupo com Metrô	Isolina Mazzei	7%	(29/268)	
	Jd. São Paulo	28%	(97/288)	
	Parada Inglesa	36%	(77/189)	
	Tucuruvi	9%	(19/193)	
	Vila Gustavo	14%	(29/173)	
	Vila Medeiros	3%	(3/117)	
	Pq. Edu Chaves	0%	(0/134)	
	Vila Terezinha	0%	(0/135)	
	Cachoeirinha	0%	(1/223)	
	Jardim Peri	1%	(1/119)	
Linha 1 Grupo sem Metrô	Mandaqui	1%	(2/207)	
	Horto Florestal	0%	(0/101)	
	Tremembé	2%	(6/197)	
	P. do Tremembé	0%	(0/113)	
	Jaçanã	1%	(7/171)	
	Jardim Guapira	3%	(9/168)	
	Cohab Jova Real	1%	(1/115)	
	Jd. Damasceno	1%	(1/121)	
	Linha 2 Grupo com Metrô	Vila Madalena	27%	(97/327)
		Sumaré	27%	(71/200)
Perdizes		6%	(22/255)	
V. Anglo Brasileira		30%	(54/160)	
Pompéia		2%	(10/200)	
Vila Beatriz		27%	(53/217)	
Lapa		1%	(9/719)	
Vila Ipojuca		3%	(7/225)	
Alto da Lapa		4%	(5/229)	
Gavião Peixoto		0%	(2/115)	
Linha 2 Grupo sem Metrô	Lapa de Baixo	3%	(8/326)	
	Vila Anastácio	5%	(5/144)	
	Boaçava	0%	(0/152)	
	Alto de Pinheiros	5%	(6/256)	
	Bela Aliança	1%	(3/133)	
	Vila Hamburguesa	0%	(0/220)	
	Vila Leopoldina	0%	(3/202)	
	CEASA	0%	(0/283)	
	Emissário	4%	(8/186)	

(Viagens na amostra com Acesso direto ao Metrô/viagens na amostra por modo coletivo)

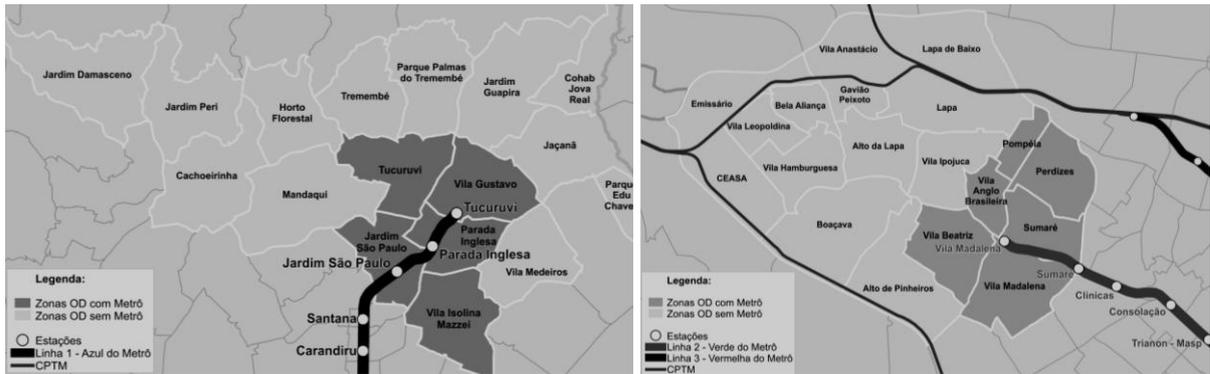


Figura 1: Zonas no entorno da Linha 1 – Azul e da Linha 2 – Verde

4. METODOLOGIA

Para analisar a influência da distância à estação de Metrô mais próxima da residência sobre as diferentes medidas de comportamento – posse de autos, número total de viagens por família e número de viagens a pé por família – foram estimados diferentes modelos incluindo essas e outras variáveis socioeconômicas. Os modelos foram estimados utilizando a amostra de 2.960 famílias disponíveis na OD2007, residentes nas zonas selecionadas para o estudo. Foram excluídas da análise 73 famílias que apresentavam problema de não-resposta quanto à posse de automóvel. Utilizaram-se os dados amostrais sem expansão. Os modelos foram estimados para os grupos de zona com Metrô e sem Metrô separada e conjuntamente, sem distinção das linhas.

A análise da influência da proximidade à estação sobre a motorização familiar foi utilizado um modelo de escolha discreta do tipo Logit Binomial (Train, 2009). Ele se baseia em uma função de utilidade, o grau de preferência por uma alternativa em função de atributos das alternativas e características socioeconômicas. Esta função, em sua forma mais simples, define-se como:

$$U = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n + \alpha_0, \quad (1)$$

Na qual U = função de utilidade;

α_n = coeficientes das variáveis explicativas;

x_n = variáveis explicativas;

α_0 = termo de erro.

No Logit Binomial, as probabilidades de escolha entre alternativas A e B são definidas por:

$$p(A) = \frac{1}{1+e^{(U_B-U_A)}}, \text{ e } p(B) = 1 - p(A) \quad (2 \text{ e } 3)$$

Na qual $p(n)$ = probabilidade de escolha da alternativa n;

U_n = função de utilidade da alternativa n.

Para estimar o modelo foi utilizado um software livre denominado Biogeme (Bierlaire, 2003, 2008), que pode ser encontrado no site <http://biogeme.epfl.ch/>.

Também se buscou verificar a influência da proximidade à estação na quantidade total de viagens e na quantidade de viagens a pé realizada pelas famílias. Para tanto se utilizou um modelo de regressão linear, definido pela função:

$$V = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \dots + \alpha_n X_n \quad (4)$$

Na qual v = quantidade de viagens diárias;

α_n = coeficientes que multiplicam as variáveis explicativas;

x_n = variáveis explicativas.

Para estimar as regressões lineares foi utilizado um aplicativo livre para Excel denominado Action, encontrado no site <http://www.portaction.com.br/>.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram analisados aspectos do comportamento das famílias que podem estar associados à proximidade a estações de Metrô. Tais aspectos podem estar relacionados ao aumento da acessibilidade causado por esta infraestrutura, ou ainda, podem se relacionar a mudanças de uso do solo resultantes da presença da estação.

Primeiramente se avaliou a influência da proximidade da estação na posse de automóveis e, após esta análise, buscou-se verificar a influência desta proximidade nas viagens das famílias.

5.1. Influência da proximidade da estação na posse do automóvel

Para avaliar a influência da proximidade da estação na posse de automóveis, foram estimados modelos Logit Binomial com os dados das 2.960 famílias encontradas na amostra da O/D 2007 nas zonas selecionadas para este estudo. A variável dependente categórica para representar a posse de automóvel foi definida de forma binária: não tem = 0, tem = 1). As variáveis explicativas foram selecionadas com base na revisão da literatura e na disponibilidade de dados (Tabela 2).

Tabela 2: Descrição das variáveis do modelo de posse de automóvel

Variável	Descrição
Tam	Tamanho da família (Quantidade de membros)
Renda	Renda familiar (R\$ de Outubro de 2007)
DistMetrô	Distância (em linha reta) entre a residência e a estação de Metrô mais próxima (m)
Metrô	Quantidade de viagens realizadas pela família com modo principal Metrô
Bicicleta	Quantidade de viagens realizadas pela família com modo principal bicicleta
A_pé	Quantidade de viagens realizadas pela família com modo principal a pé

A distância até a estação de Metrô mais próxima foi estimada com base na localização de cada família e da estação de Metrô mais próxima, obtidas através das coordenadas das



AEAMESP



residências contidas na O/D 2007 e de coordenadas disponibilizadas pela Companhia do Metrô de São Paulo para as cinco estações analisadas. Sabe-se das distorções que a distância estimada por linha reta entre as coordenadas pode causar, no entanto, optou-se por esta aproximação, dadas as dificuldades de identificar o trajeto exato.

Para estimar os modelos foi realizada uma busca de especificação para identificar as variáveis relevantes e a forma como melhor se expressa sua influência. O efeito da renda sobre a posse de automóvel em muitos casos é melhor representado por uma função não linear, como o logaritmo (Pfeiffer e Strambi, 2005). Ela foi testada da forma linear e logarítmica no modelo e a melhor especificação encontrada foi a logarítmica (lnRenda). Da mesma forma, Pfeiffer e Strambi (2005) identificaram que a influência do tamanho da família sobre a posse de automóvel é melhor representada como uma função de segundo grau, portanto, esta variável foi testada como linear e quadrática. A melhor especificação encontrada foi a quadrática ($Tam + Tam^2$).

Viagens de metrô, a pé e de bicicleta realizadas pela família foram inseridas como *proxies* de variáveis atitudinais, identificando possíveis preferências de indivíduos da família com relação aos modos de transporte. Sabe-se, no entanto, que estão relacionadas à ausência da opção pelo modo automóvel entre as alternativas disponíveis. De qualquer forma, elas devem ser capazes de capturar a relação existente entre a posse de automóvel e a utilização desses outros modos, embora não seja possível estabelecer necessariamente uma relação de causalidade. De acordo com os princípios do TOD, um entorno que privilegie o caminhar, o pedalar e esteja integrado com uma rede de transportes coletivos tende a propiciar uma redução na motorização.

Para essas variáveis, duas especificações foram testadas: a quantidade de viagens; e uma versão categórica no formato “fez (1) ou não fez (0) viagem naquele modo”. A melhor especificação foi encontrada para a quantidade de viagens, pois permitiu estabelecer melhor a diferença entre uma viagem eventual e um hábito da família.

Diferentes especificações foram testadas para identificar de que forma ocorre a influência da distância até a estação de Metrô mais próxima sobre a posse de automóvel. Considerou-se esta variável influenciando de forma linear, quadrática, e também a hipótese de que a influência da estação perdesse importância quanto mais distante a estação estivesse, através do logaritmo. A melhor especificação para o modelo ocorreu para a função logarítmica.

Testou-se ainda a hipótese de que o efeito da distância esteja relacionado ao efeito de outra variável – a renda – e para tanto foram criadas variáveis *dummy* para representar as quatro primeiras faixas de renda (R1, R2, R3 e R4) utilizadas anteriormente que, multiplicadas pela distância, mostrassem a influência verificada para cada faixa. A quinta faixa é representada pela própria distância sem multiplicador (faixa de referência). Esta especificação melhorou o ajuste dos modelos.

Foram estimados modelos para três segmentos da amostra. O primeiro com Todas as Zonas consideradas neste artigo, o segundo apenas com as famílias nas Zonas com Metrô e o terceiro considerando somente as famílias do grupo de Zonas sem Metrô.

Os resultados das melhores especificações dos modelos podem ser observados na Tabela 3. Os coeficientes estimados representam os efeitos das variáveis sobre a possibilidade da família possuir automóvel e σ é o desvio padrão do coeficiente. Os coeficientes que não se mostraram significativos a um nível de 5% no teste t aparecem sombreados na tabela.

Tabela 3: Estimativas dos modelos de posse de automóvel

Variável	Todas as zonas		Zonas com Metrô		Zonas sem Metrô	
	Coef.	σ	Coef.	σ	Coef.	σ
Intercepto	-2,070	1,190	-0,900	1,370	-12,300	2,690
Tam	0,843	0,130	1,070	0,217	0,734	0,163
Tam ²	-0,100	0,018	-0,125	0,030	-0,093	0,023
Metrô	-0,171	0,025	-0,263	0,047	-0,121	0,030
Bicicleta	-0,457	0,163	-0,410	0,365	-0,450	0,179
A_pé	-0,218	0,049	-0,155	0,075	-0,261	0,065
lnRenda	0,305	0,141	0,033	0,125	1,630	0,302
lnDistMetrô	0,218	0,083	0,317	0,160	0,068	0,184
R1XlnDistMetrô	-0,492	0,065	-0,502	0,093	-0,112	0,111
R2XlnDistMetrô	-0,462	0,050	-0,498	0,063	-0,184	0,085
R3XlnDistMetrô	-0,322	0,041	-0,336	0,054	-0,146	0,066
R4XlnDistMetrô	-0,106	0,039	-0,081	0,057	-0,034	0,056
Teste de razão de Verossimilhança						
Parâmetros estimados	12		12		12	
Amostra	2960		984		1976	
Estatística teste	1663,7		547,2		1154,3	
p-valor	0,000		0,000		0,000	
Ajuste dos modelos						
ρ^2 ajustado	0,400		0,384		0,413	

Os testes de verossimilhança (Train, 2009) mostram que o conjunto de variáveis contribuiu para a explicação da posse de automóvel. Os ρ^2 ajustados (Ortuzar e Willumsen, 2010) são comparáveis com os encontrados na literatura para modelos de escolha discreta.

A variável Tamanho da Família (Tam e Tam²) se mostrou significativa para todos os três segmentos de amostra e teve o comportamento esperado, aumentando a probabilidade da posse de auto conforme aumenta a família, até um ponto de inflexão entre 4 e 5 membros, a partir do qual passa a reduzi-la (parábola com coeficiente do termo quadrático negativo).

Para as viagens de Metrô, a pé e de bicicleta, a modelagem confirma a tendência afirmada pelos defensores do TOD, pois, em geral, resultaram significativas e o aumento no uso de cada um desses modos de viagem está correlacionado negativamente com a posse de auto. Isto significa que a realização de mais viagens a pé, de bicicleta ou de Metrô por uma família, está associada à redução na motorização familiar.

Especificamente nas zonas com Metrô, as viagens de bicicleta não se mostraram significativas, o que pode ser um efeito da amostra dessas viagens, que é de apenas 17 viagens distribuídas em 7 das 984 famílias.

Para o modelo de Todas as Zonas, a variável renda (lnRenda) se mostrou significativa e, conforme ela aumenta, também aumenta a probabilidade da posse de automóvel. Para a amostra das zonas com Metrô, ela não se mostrou significativa, com a sua influência ocorrendo apenas através da sua interação com a distância. Para a amostra das zonas sem Metrô ela se mostrou significativa e com coeficiente maior do que para Todas as Zonas.

A variável distância (lnDistMetrô) se mostrou significativa para o modelo de Todas as Zonas e para as Zonas com Metrô. Para as Zonas sem Metrô ela não se mostrou significativa, indicando que para grandes distâncias (maiores que 2000m) em relação à estação não importa estar mais perto ou mais longe dela.

Confirmou-se, através das *dummy* das faixas de renda, a hipótese de influência da renda sobre o efeito da distância à estação. A categoria superior é considerada como referência (omitida), assim sua influência na distância é dada pelo coeficiente da distância (lnDistMetrô). Para Todas as Zonas e Zonas com Metrô, esta faixa de renda e a imediatamente inferior (R4) indicam a proximidade da estação como um fator que aumentaria a probabilidade de um família não possuir um automóvel, e o aumento da distância à estação como um incentivo à posse de auto, com coeficientes positivos (0,2 para a referência e 0,1 para R4). Para as famílias nas faixas de renda mais altas do grupo de zonas “com Metrô”, portanto, a maior proximidade da estação mostrou influenciar a decisão de não possuir auto; o aumento da distância está associado à maior posse.



AEAMESP



As faixas de renda inferiores (R1, R2 e R3) apresentam coeficientes que são menores quanto menor a renda (coeficientes de -0,3, -0,25 e -0,1). A interpretação destes resultados envolve uma questão relacionada à quantidade de famílias na amostra em uma determinada faixa de renda. Próximo ao Metrô, devido à valorização do uso do solo, existem poucas famílias nas faixas de renda mais baixas e muito poucas dentre elas possuem automóvel. Conforme se afasta da estação, o número de famílias de renda mais baixa aumenta, mas não aumenta na mesma proporção o número dessas famílias que possui automóvel. Assim, cria-se uma aparente redução de posse de automóvel conforme ocorre o afastamento. Na realidade, o que ocorre é um aumento de famílias das faixas de renda mais baixas, em sua grande maioria sem automóvel, conforme se afasta da estação.

Conclui-se que o entorno da estação pode desincentivar a posse do automóvel para famílias de renda mais alta, assim como tende a afastar famílias de renda mais baixa.

5.2. Influência da proximidade da estação nas viagens

Buscou-se também avaliar a influência da proximidade da estação na quantidade de viagens realizada pelas famílias. Para isto realizou-se uma regressão linear, tradicionalmente utilizada para este tipo de estimação, para os mesmos segmentos de amostra da análise anterior. A variável dependente neste caso é a quantidade de viagens realizada pela família. As variáveis explicativas utilizadas são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Descrição das variáveis da regressão linear de viagens familiares

Variável	Descrição
Tam	Tamanho da família (Quantidade de membros na família)
Renda	Renda familiar (R\$ de Outubro de 2007)
Auto	Quantidade de automóveis
DistMetrô	Distância à estação de Metrô mais próxima da residência (m)
Matr	Quantidade de Matrículas na zona de residência
Emp	Quantidade de Empregos na zona de residência

Novamente, o efeito da variável Tamanho da família foi melhor representado através de uma função quadrática ($Tam + Tam^2$), indicando um efeito crescente sobre o número de viagens, mas que perde intensidade com o aumento da família.

Renda familiar e quantidade de automóveis apresentam uma forte correlação e, portanto a inserção de apenas uma delas no modelo se fez necessária para minimizar problemas de multicolinearidade. Foram testadas as funções linear e logarítmica para renda, quantidade de automóveis e uma categorização da posse de automóveis. Todas as possibilidades se mostraram significativas, mas a que apresentou o melhor ajuste, com um modelo mais parcimonioso, foi a função logarítmica da renda ($\ln Renda$).

A variável Distância até a estação de Metrô mais próxima foi testada na sua forma linear e logarítmica, apresentando melhor resultado no modelo na sua forma linear ($DistMetrô$).

As Matrículas da zona de residência foram testadas como total e como densidade. Nenhuma das duas formas se mostrou significativa, assim, não foi incluída na regressão.

A variável Empregos da zona de residência foi testada de quatro maneiras: o total de empregos na zona, a densidade de empregos, somente os empregos em comércio e serviços, e a densidade de empregos em comércio e serviços. A especificação com melhor ajuste ocorreu para a densidade de empregos ($DensEmp$).

Os resultados das regressões lineares com as melhores especificações das variáveis explicativas podem ser observados na Tabela 5. Os coeficientes estimados representam os efeitos das variáveis sobre o número de viagens diárias realizadas pela família e σ é o desvio padrão do coeficiente. Os coeficientes que não se mostraram significativos a um nível de 5% no teste t aparecem sombreados na tabela.

Tabela 5: Estimativas das regressões lineares de viagens familiares

Variável	Todas as zonas		Zonas com Metrô		Zonas sem Metrô	
	Coef.	σ	Coef.	σ	Coef.	σ
Intercepto	-7,865	0,651	-9,351	1,174	-6,952	0,816
Tam	2,493	0,166	2,297	0,285	2,632	0,204
Tam ²	-0,083	0,023	-0,048	0,039	-0,105	0,028
lnRenda	0,918	0,080	0,979	0,151	0,844	0,095
DistMetrô	-0,00009	0,00004	0,00012	0,00022	-0,00013	0,00005
DensEmp	0,006	0,001	0,018	0,003	0,001	0,002
Ajuste dos modelos						
R ² ajustado	0,408		0,418		0,414	

Os valores de R² ajustados são considerados bons para uma regressão linear estimada com dados desagregados por família (Ortuzar e Willumsen, 2010).

Para as regressões realizadas para Todas as Zonas e para as Zonas sem Metrô o Tamanho da família mostrou uma influência significativa de ambos os termos da função quadrática (parábola com coeficiente do termo quadrático negativo). O ponto de inflexão é próximo a 15 membros para Todas as Zonas e 12 para Zonas sem Metrô, valores superiores ao maior valor da amostra, de 10 membros; esse resultado sugere uma leve redução no acréscimo no número de viagens à medida que aumenta o número de membros da família. Para as Zonas com Metrô, o parâmetro Tam² não se mostrou significativo, indicando que a influência do Tamanho da família seria linear.



AEAMESP



A variável $\ln Renda$ se mostrou significativa em todos os segmentos da amostra com um coeficiente de aproximadamente 0,9 para o termo logarítmico. Isto significa que ela influi de forma positiva, reduzindo sua relevância até um certo valor a partir do qual um incremento de renda não contribui de forma importante para um aumento de viagens.

Para as Zonas com Metrô, a variável associada à distância ($DistMetrô$) não se mostrou significativa, indicando que nas proximidades da estação (distâncias caminháveis) não importa tanto a distância até a estação de Metrô, seja para acesso a este ou a atividades no seu entorno. Para os outros grupos de zonas a distância se mostrou significativa e influi negativamente nas viagens, ou seja, quanto mais longe do Metrô, menos viagens a família realiza; de forma geral para estas zonas o acesso ao Metrô é feito utilizando outro modo de transporte, tornando as viagens mais longas.

Finalmente, a Densidade de Empregos ($DensEmp$) se mostrou significativa no Grupo com Metrô e influencia positivamente a quantidade de viagens, mostrando que uma diversidade de usos no entorno da residência, com empregos, comércios e serviços, induz maior quantidade de viagens que um bairro unicamente residencial. Este efeito é um dos motivos pelo qual se inclui diversidade de usos como uma das premissas do TOD.

5.3. Influência da proximidade da estação nas viagens a pé

Buscou-se ainda avaliar a influência da proximidade da estação na quantidade de viagens a pé realizada pelas famílias. Para isto realizou-se uma regressão linear para os mesmos segmentos de amostra e variáveis explicativas da regressão para o total de viagens (vide Tabela 4).



AEAMESP



Foi utilizada a mesma especificação para o Tamanho da família ($Tam + Tam^2$) uma vez que ela se mostrou a melhor para esta regressão também.

Renda e quantidade de automóveis mais uma vez foram testados considerando todas as especificações anteriormente explicadas. Desta vez a quantidade de automóveis (Auto) mostrou o melhor ajuste e maior simplicidade no modelo, como esperado, uma vez que esta variável captura também um efeito de escolha modal.

A Distância até a estação de Metrô foi inserida buscando capturar uma possível mudança no uso do solo induzida pela presença da estação, mas não se mostrou significativa nesta regressão, mesmo na sua melhor especificação ($\ln DistMetrô$).

O mesmo ocorreu para as Matrículas (DensMatr), pois se esperaria uma relação forte entre matrículas escolares e viagens a pé.

Os Empregos foram testados com as mesmas especificações anteriores e se escolheu a mesma especificação (DensEmp) em função do melhor ajuste obtido.

Os resultados das regressões lineares com as melhores especificações podem ser observados na Tabela 6. Os coeficientes estimados representam os efeitos das variáveis sobre o número de viagens diárias a pé realizadas pelos membros da família e σ é o desvio padrão do coeficiente. Os coeficientes que não se mostraram significativos a um nível de 5% no teste t aparecem sombreados na tabela.

Tabela 6: Estimativas das regressões lineares de viagens a pé familiares

Variável	Todas as zonas		Zonas com Metrô		Zonas sem Metrô	
	Coef.	σ	Coef.	σ	Coef.	σ
Intercepto	-0,198	0,405	-0,941	0,775	-1,241	0,975
Tam	0,359	0,093	0,460	0,153	0,304	0,118
Tam ²	0,049	0,013	0,028	0,021	0,059	0,016
Auto	-0,686	0,042	-0,756	0,077	-0,646	0,051
InDistMetrô	0,036	0,049	0,159	0,113	0,163	0,119
DensMatr	-0,0003	0,0026	-0,0048	0,0055	-0,0005	0,0032
DensEmp	0,0036	0,0009	0,0045	0,0019	0,0036	0,0010
Ajuste dos modelos						
R ² ajustado	0,220		0,193		0,231	

O R² ajustado, da ordem de 0,2 embora baixo, ainda é considerado aceitável para regressões que usam dados desagregados.

Para as Zonas sem Metrô, o Tamanho da família apresentou situação interessante. Ambos os coeficientes influenciam positivamente (parábola com coeficiente do termo quadrático positivo) e o ponto de inflexão aconteceria para valores negativos (para números positivos de tamanho da família o aumento é mais que linearmente proporcional). Este fato pode estar relacionado a viagens conjuntas para lazer, compras ou escola, indicando que um membro a mais, além de realizar as próprias viagens, ainda influencia outro membro a acompanhá-lo nas viagens a pé. Para as Zonas com Metrô se reproduziu o efeito linear, como observado para o total de viagens.

O automóvel apresentou efeito esperado: quanto maior a quantidade de automóveis, menor a quantidade de viagens realizadas a pé pela família. Cabe um comentário sobre causalidade entre esses dois fatores, pois quanto melhores forem as condições para se realizar viagens a pé, mais isto pode desincentivar na aquisição de um automóvel, assim como a presença de um automóvel pode afetar na decisão do modo escolhido para a viagem, mesmo as mais próximas, que podem ser realizadas a pé.



AEAMESP



A variável da distância à estação de Metrô (InDistMetrô) não se mostrou significativa, indicando que o entorno da estação não propiciou atividades suficientes para induzir as viagens a pé de seus habitantes. Esta premissa do TOD necessita de melhoria viária e de circulação que permita tornar o entorno da estação um local de atração preparado para o uso pelo modo a pé e sem essas melhorias a proporção de viagens a pé das zonas de entorno sequer se alterou.

As Matrículas escolares da zona de residência (DensMatr) não tiveram efeito significativo sobre as viagens a pé das famílias. Talvez a variável adequada, que não foi selecionada para este estudo, fosse a quantidade de estudantes da família. Um futuro estudo sobre este tema poderia inserir esta variável que se acredita ter real influência sobre as viagens a pé.

Independente da presença do Metrô, a Densidade de Empregos da zona de residência (DensEmp) se mostrou significativa, aumentando as viagens a pé conforme aumenta a oportunidade de atividades no entorno. De fato, o efeito buscado pelo TOD para o entorno de estações é fundamentado neste resultado, pois não é a proximidade à estação que atrai viagens a pé, mas sim o uso do solo que se propõe para seu entorno.

6. CONCLUSÕES

Segundo a análise da posse de automóvel, pode-se concluir que o maior poder aquisitivo dos moradores no entorno do Metrô permite a eles a posse e, por consequência, uso do automóvel mais intenso. Ainda assim, foi possível apontar que a proximidade a uma estação do Metrô diminui a probabilidade da posse do automóvel nas faixas de renda mais elevadas, o que pode ocorrer com maior intensidade ao se planejar o seu entorno privilegiando outros modos de transporte.



AEAMESP



De modo geral, quando se permite uma lógica imobiliária que privilegia o uso do automóvel, por exemplo, inserindo-se condomínios residenciais ou torres comerciais com muitas vagas de garagem, o entorno não se torna propício à redução do uso do modo individual. Por outro lado, um incentivo aos modos coletivo e não-motorizado, com melhoria de calçadas, implantação de ciclovias, ciclofaixas, corredores exclusivos de ônibus e um bom projeto de acesso às estações pode incentivar a redução da posse e, por conseguinte, do uso do automóvel, fomentando viagens não-motorizadas, quando diversas atividades coexistem no entorno das estações, assim como viagens pelo modo coletivo devido à acessibilidade gerada pela nova estação.

Um melhor planejamento do entorno de novas estações do Metrô, levando em consideração premissas do TOD pode trazer benefícios não só de acessibilidade, aproximando os habitantes de seus destinos, fomentando também viagens a pé.

Pesquisas futuras nessa área podem abranger novas estações, verificando como se deu o desenvolvimento de seu entorno, ou ainda, aprofundando relações decorrentes da inserção de um equipamento de transportes e mudanças em seu entorno. Elas podem ainda focar em pontos mais específicos deste trabalho, como as relações das viagens a pé com o entorno de estações, verificando se locais onde o entorno foi planejado visando o pedestre e o modo coletivo confirmam ou não resultados aqui encontrados. Pode-se ainda buscar uma relação entre a posse de automóvel e locais que apresentem redes mais consolidadas de transportes coletivos, permitindo também uma comparação com os casos apresentados.



AEAMESP



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIERLAIRE, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models , *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland.
- BIERLAIRE, M. (2008). An introduction to BIOGEME Version 1.6, biogeme.epfl.ch
- CAO, X. (2010) Exploring causal effects of neighborhood type on walking behavior using stratification on the propensity score. *Environment and Planning A*, 42(2), 487–504.
- CERVERO, R. (2002) Built environment and mode choice: toward a normative framework. *Transportation Research Part D, Transport and Environment*, 7 (4), 265–284.
- GESP, STM (2007). Manual da Pesquisa Origem e Destino 2007. São Paulo.
- EWING, R., & CERVERO, R. (2001) Travel and the built environment. *Transportation Research Rec.*, 1780. 87-114.
- EWING, R., & CERVERO, R. (2010) Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265-294.
- ORTUZAR, J de D.; WILLUMSEN, L. G. (2011) Modelling Transport. Willey, Chichester.
- PARRAS, F. R. (2006) Aportes para a melhoria da gestão de Transporte Público por ônibus de Bogotá a partir de experiências de Belo Horizonte e Curitiba. Dissertação de Mestrado. PUCPR, Curitiba.
- PFEIFFER, L. M. & STRAMBI, O. (2005) Análise e modelagem da evolução temporal da posse de autos na Região Metropolitana de São Paulo. *Revista Transportes*, 13(1), 21-29.
- SALON, D. (2006) Cars and the city: An investigation of transportation and residential location choices in New York City. Tese de Doutorado. Universidade da Califórnia, Davis.
- ZHOU, B., & KOCKELMAN, K. (2008) Self-selection in home choice: Use of treatment effects in evaluating relationship between built environment and travel behavior. *Transportation Research Rec.*, 2077, 54–61.
- TRAIN, K. E. (2009) Discrete Choice Methods with Simulation, 2ª Edição. Cambridge University, Cambridge.