

**A0102. Mapeo de barreras para el transporte escolar por modos activos: estudio de caso de una ciudad de pequeño porte**  
**Mapping of barriers for school transport by active modes: case study of a small city**

**Jean Augusto Lemes**

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, RS, Brasil  
jean.l.augusto@hotmail.com

**Raquel Cristina Ferreira Silva**

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, RS, Brasil  
raquelcrisfer@homail.com

**Samuel Baesso Müller**

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, RS, Brasil  
samuel.muller.baesso@gmail.com

**Tânia Batistela Torres**

Laboratório de Sistemas de Transportes Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil  
batistela.torres@ufrgs.br

**Brenda Medeiros Pereira**

Laboratório de Mobilidade e Logística, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Cachoeira do Sul, RS, Brasil  
brenda.pereira@ufsm.br

**Alejandro Ruiz-Padillo**

Laboratório de Sistemas de Transportes Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil  
alejandro.ruiz-padillo@ufsm.br

### **Resumen**

Uno de los grandes desafíos de la actualidad es incentivar la utilización de los modos activos de transporte para los desplazamientos cotidianos de la población urbana. Este trabajo tiene por objetivo mapear las principales barreras para la utilización de estos modos por parte de los estudiantes de la enseñanza secundaria de Cachoeira do Sul, una ciudad de pequeño porte del sur de Brasil. Los datos adquiridos a partir de un cuestionario aplicado a una muestra de estos alumnos de la ciudad fueron analizados a partir de un modelo de elección discreta logit binomial. Los resultados permitieron identificar aspectos importantes como la seguridad pública y seguridad vial, así como la proximidad entre orígenes y destinos. Las conclusiones del análisis pueden contribuir con la planificación de entornos escolares más seguros y atractivos a los modos activos de la ciudad investigada y de otras ciudades de pequeño porte con características urbanas y de movilidad similares.

### **Abstract**

Encouraging the use of active modes of transport in urban trips is a great challenge nowadays. This paper aims to map main barriers for secondary school students to use active modes in Cachoeira do Sul, a small city in southern Brazil. Data was collected in a questionnaire applied to a sample of students and analyzed using a logit binomial discrete election model. Results allowed identifying aspects such as security and road safety, as well as the proximity between origins and destinations as

significantly important barriers to active transport among secondary students. Conclusions of the analysis may contribute for planning safer infrastructure and more attractive school environments in the researched city and others with similar characteristics.

## 1. Introducción

El proceso de urbanización brasileña comenzó a mediados de la década de los años 60 del siglo pasado, con el proceso de migración del funcionalismo fabril, dado por la automatización de los procesos industriales.

Según la Encuesta Nacional por Muestra de Domicilios realizada en 2015 por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, el 84,7% de la población brasileña habita áreas urbanas mientras que el 15,8% vive en áreas rurales (IBGE, 2016a). Este proceso de urbanización rápida y desordenada provocó el crecimiento de las ciudades sin adecuada planificación y con concepción urbanística que hizo las áreas centrales menos residenciales y más comerciales, mientras que la mayor parte de la población se disemina por las regiones periféricas (IPEA, 2016).

Una de las consecuencias del proceso acelerado de urbanización concomitante al incentivo del uso del automóvil y el modo de ocupación del suelo fue la disminución de los desplazamientos a pie y por bicicleta, debido al aumento de las distancias entre orígenes y destinos. Un estudio realizado en Gran Bretaña constató que el 40% de los niños nacidos entre 1932 a 1941 realizaban el recorrido hasta las escuelas solas, mientras que este número pasó a ser de sólo el 9% para niños nacidos en los años 1990 y 1991 (Pooley, 2005). En Australia, para una distancia media de 2.5 km, solo un tercio de los niños se desplazan hasta las escuelas a través de un modo activo de transporte (Yeung et al., 2007). Los factores que contribuyen a estos datos se explican por el temor de los padres a dejar que sus hijos vayan a pie a la escuela, pues constatan problemas de seguridad vial debidos al gran volumen de tráfico y la velocidad desempeñada por los automóviles (Elvik., 2004), generando así un círculo vicioso que fomenta aún más el uso de modos motorizados.

De esta manera, la seguridad vial se relaciona directamente con la popularidad y el incentivo del modo a pie, especialmente vinculado a los niños en sus desplazamientos a la escuela. Los niños sufren influencia directa del modo de transporte utilizado por sus padres y su movilidad independiente está condicionada por el grado de tolerancia de sus responsables en relación con su decisión de desplazamiento (McDonald et al., 2013). Para Cachoeira do Sul, Brasil, Oestreich et al. (2017) afirman que la percepción de seguridad vial entre estudiantes varía según sus características (sexo, edad, nivel, entre otros factores), que afectan a su elección de ir a pie.

Para intentar revertir el cuadro instaurado en Brasil por la dispersión urbana y alta motorización, surge en 2012 la Política Nacional de la Movilidad Urbana (PNMU), promulgada por la ley 12.587 (Brasil, 2012). Entre sus disposiciones, está la obligatoriedad de las ciudades con más de 20000 habitantes de poseer un plan de movilidad urbana, que priorice los modos de transporte sostenible o activos. Entre ellos, destaca el modo a pie, ya que el acto de caminar es el instinto más primitivo del ser humano, necesario para cualquier desplazamiento realizado, pues todos los viajes comienzan y terminan a pie (Frye, 2013).

Pese a que existan constataciones científicas de que el acto de realizar viajes cotidianos a pie colabora con la salud del individuo al punto de hacer una recomendación oficial de los órganos de salud (WHO, 2013), relativamente pocas personas utilizan con regularidad ese modo para viajes. Entre los factores

que influyen en el bajo número de peatones están la estructura urbana, el ambiente social y la seguridad tanto pública como viaria (Clark y Scott, 2016; Pongpraser y Kubota, 2017).

Además, aunque muchas de las externalidades derivadas de la alta motorización están presentes de manera más acentuada en las grandes ciudades y metrópolis, las ciudades de pequeño y mediano porte también desarrollan prácticas de transporte no sostenibles, dadas las crecientes tasas de motorización y las dificultades de proveer servicios de transporte colectivo de calidad (Yiannakoulias et al., 2014). Por otra parte, más del 45% de la población urbana brasileña vive en ciudades con menos de 100000 habitantes (Stamm et al., 2013), consideradas de pequeño porte, donde aún es posible programar soluciones de movilidad activa de manera más fácil que en ciudades más grandes.

La PNNU prioriza los modos activos de locomoción, de modo que la mayor parte de las inversiones empleadas deben ser dirigidas hacia infraestructuras e estrategias que favorezcan el acto de caminar o ir de bicicleta sobre el transporte particular o individual motorizado (Brasil, 2012; Barros, 2015). De esta forma se hace importante el estudio de los motivos que dificultan o impiden los modos activos de transporte en las ciudades, para indicar qué aspectos, si son modificados, podrían alterar la percepción de los usuarios en el momento de la elección modal para sus desplazamientos.

El objetivo fundamental de este artículo es mapear las principales barreras a la adopción de modos activos por parte de los estudiantes de enseñanza media en la ciudad de Cachoeira do Sul, una ciudad de pequeño porte en el sur de Brasil. De esta forma, a través del análisis de elección discreta, se identificaron los factores individuales, del entorno escolar y de percepción de seguridad asociados a la elección de realizar viajes a pie. Identificar las características influyentes en los viajes a pie puede contribuir a la planificación de políticas públicas y acciones dirigidas específicamente para mejorar la calidad de los viajes activos a la escuela. Las evidencias empíricas producidas pueden servir de punto de partida para avanzar en la discusión del tema en otras ciudades de pequeño y mediano porte.

## 2. Revisión Literatura

Desde la década de 1990 una serie de estudios vienen buscando identificar la influencia de la estructura urbana en las elecciones de viajes (Cervero y Kockelman, 1997; Ewing y Cervero, 2010; Miranda-Moreno et al., 2011; Rafiemanzelat et al., 2017). La estructura urbana, que influye en el uso del modo a pie y en bicicleta, se mide por cinco dimensiones principales (5D): densidad de uso del suelo, diversidad del uso del suelo, diseño urbano, destinos accesibles y distancia al transporte colectivo (Cervero et al. 2009). El estudio del uso de modos activos para viajes escolares es creciente y esas evidencias empíricas contribuyen con nuevos puntos de vista para el direccionamiento de la planificación de los entornos escolares (Mitra, 2013; Broberg y Sarjala, 2015; Rothman et al., 2015).

Entre los factores que pueden influenciar el desplazamiento por modos activos se encuentran, en primer lugar, las diferentes necesidades de accesibilidad inherentes a los usuarios, entre los cuales destacan las personas con discapacidad física-motora o con impedimentos debido a enfermedades. Para este grupo específico, la ausencia de infraestructura orientada a atender esas necesidades induce comportamientos que a menudo influyen de manera negativa en la decisión de elegir la caminada o la bicicleta como modo de transporte (Gamache, 2017).

Por otro lado, se constata que la ausencia de calzadas, mala calidad del pavimento u obstáculos físicos son factores que causan un impacto negativo para el peatón en el acto de caminar (Barros, 2015), muchas veces siendo una barrera para la utilización de modos activos de locomoción. En el caso de

los peatones que no tienen limitaciones físicas, esas deficiencias en la infraestructura dificultan, cuando no impiden, el desplazamiento de ancianos, personas en silla de ruedas o con carritos de bebés (Gehl, 2013). Otro factor relacionado con la elección de un modo activo es el relieve de la región: si la topografía hace el caminar o pedalear muy difícil, las personas evitarán estos modos (Clark y Scott, 2016).

El clima específico de una región o época del año es capaz de inhibir el uso de modos activos y, según la motivación o destino final, puede hacerlos impracticables. Además, la preocupación por la apariencia del individuo en relación a aspectos como sudor y cansancio, resultantes del acto de caminar o pedalear, aunque fueran tolerados por los usuarios, pueden inviabilizar la elección del transporte activo (Dunton y Schneider, 2006). Las situaciones en que se presentan temperaturas extremas, precipitaciones o vientos fuertes también desalientan a las personas en la elección del modo a pie para realizar viajes (Clark y Scott, 2016).

De igual manera, la falta de tiempo para realizar las actividades cotidianas se convierte en una barrera, ya que, en distancias fácilmente realizadas a pie, si el recorrido demanda menos tiempo utilizando el vehículo motorizado, probablemente éste será utilizado (Yiannakoulias et al. 2014; Clark y Scott, 2016). El concepto métrico de una distancia suficientemente larga para inhibir la caminada es relativo, y depende principalmente de aspectos individuales como la capacidad física de la persona en practicar tal ejercicio (Pongpraser y Kubota, 2017).

La estética de un barrio también desempeña un papel en la decisión por modos activos, de forma que barrios con apariencia visual sin atractivos acaban desalentando a sus habitantes a caminar (Ball et al., 2001; Wood et al. 2010; Pongpraser y Kubota, 2017). Además, la mayor proporción de viajes a pie está en áreas donde los caminos son relativamente más conectados con destinos comerciales y de ocio (Frank y Hawkins, 2008). Por otro lado, hay mayor incidencia de enfermedades ligadas al sedentarismo en localidades con pocos atractivos que animen a la práctica los modos activos (Glazier et al., 2014). Por lo tanto, hacer espacios urbanos más atractivos puede influir en el acto de caminar, lo que puede tener implicaciones para intervenciones visando la caminada como medio para realizar una actividad física (Dunton y Schneider, 2006; Chaudhury et al., 2012).

El desplazamiento de niños y adolescentes a la escuela engloba situaciones específicas de individuos que no alcanzaron la mayoría de edad y, por lo tanto, la decisión final de las situaciones que tienen que ver con el menor corresponde a los padres o responsables (McMillan, 2005). Entre esas competencias se encuentra generalmente la elección del modo de locomoción de niños y adolescentes (Yeung et al., 2008). Por otro lado, los estudios sugieren que la percepción de la seguridad puede diferir entre los adultos y los niños (Saelens y Handy, 2008), siendo algo ciertamente esperado, pues las experiencias a través de los años colaboran en la identificación de situaciones de peligro probable o inminente. Cabe a los responsables velar por el menor de edad y reconocer las barreras que deben ser superadas para el desplazamiento de niños y adolescentes. Por lo tanto, la edad es una barrera para la elección de la caminada vista desde el aspecto legal y físico/psíquico, pues la elección depende de responsables en el caso de menores de edad y de las limitaciones personales en individuos de edad avanzada (Strohmeier, 2016).

Los factores vinculados a la seguridad vial constituyen las principales barreras para la adopción de modos activos de transporte por parte de estudiantes (Napier et al., 2011; Yiannakoulias et al., 2014; Pongpraser, Kubota, 2017). En Brasil, el riesgo de accidentes de tráfico causa temor en la población debido a los números de muertes que ocurren cada año. El país está en quinto lugar en la lista de los países con mayor número de muertes en el tráfico, inferior sólo a la India, China, EEUU y Rusia

(WHO, 2015). Diversos factores contribuyentes, como el comportamiento agresivo de los conductores y la falta de infraestructura apropiada, afectan la percepción de los peatones (Villaveces, 2012; Gamache, 2017).

Por último, la criminalidad incidente sobre ciertas regiones reduce el tráfico de peatones (Clark y Scott, 2016), pues la ausencia de seguridad pública es un factor estimulante para la violencia y la práctica de acciones ilegales que pueden interferir de forma desagradable en la vida del individuo que ejerce su derecho a ir y venir. En su estudio sobre percepción de los peatones con relación a la calidad de la caminada, Villaveces (2012) afirma que pasarelas o calles donde asaltos ocurren con más frecuencia son evitadas por los peatones.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los principales factores encontrados en la revisión de la literatura y que constituyen barreras para los modos activos de transporte.

Tabla 1: Factores considerados barreras para el uso de modos activos de transporte.

Factores	Referencias
Accesibilidad	Clark y Scott (2016); Gehl (2013)
Preocupación con la apariencia	Dunton y Schneider (2006)
Salud / Saturación con ejercicios	Glazier et al. (2014); Clark y Scott (2016)
Seguridad pública	Villaveces (2012); Gehl (2013); Yiannakoulias et al. (2014); Clark y Scott (2016); Pongprasery Kubota (2017)
Calidad de las aceras	Gehl (2013); Barros (2015)
Disponibilidad de tiempo / distancia	Yiannakoulias et al. (2014); Clark y Scott (2016); Pongprasery y Kubota (2017)
Seguridad vial	Napier et al. (2011); Villaveces (2012); WHO (2015); Gamache (2017)
Edad	Saelens y Handy (2008); Yeung et al. (2008); Napier et al. (2011); Strohmeier (2016)
Estética del lugar de caminada	Ball et al. (2001); Dunton y Schneider (2006); Frank y Hawkins (2008); Wood et al. (2010); Chaudhury et al. (2012); Pongprasery y Kubota (2017)
Clima	Clark y Scott (2016)
Topografía	Clark y Scott (2016); Gamache (2017)
Barreras para portadores de deficiencia	Gamache (2017)
Estructura urbana (5Ds)	Miranda-Moreno et al. (2011); Mitra (2013); Broberg y Sarjala (2015); Rothman et al. (2015); Rafiemanzelat et al. (2017)

### 3. Metodología

Esta sección describe en su primera parte el escenario donde se desarrolló el estudio de caso, seguidamente se presentan los detalles relacionados con el cuestionario utilizado en la investigación y después las variables que caracterizan la estructura urbana y condicionan la percepción de los estudiantes en la decisión por realizar un viaje por modo activo. Las dos últimas partes están dedicadas a la presentación del modelo abordado.

#### 3.1. Escenario de estudio

El presente estudio fue desarrollado y aplicado en la ciudad de Cachoeira do Sul, una ciudad de pequeño porte en el estado de Rio Grande do Sul, en Brasil. Se seleccionaron alumnos de tres escuelas

de enseñanza media de la ciudad, siendo que dos eran de administración pública y una privada. La escuela privada está ubicada cerca del área central, y de las escuelas públicas, una se localiza insertada en el área central, aunque recibe alumnos procedentes de toda la ciudad y de las áreas rurales circundantes, y la otra en una región periférica de la ciudad. Las escuelas fueron seleccionadas con el objetivo de obtener los diferentes perfiles de viaje y factores que influyen el uso de la caminada como modo de transporte, relacionados con cuestiones socioeconómicas de los alumnos y la inserción urbana de las escuelas.

### 3.2. Elaboración del cuestionario

Los datos sobre desplazamiento de los alumnos fueron obtenidos a través de un cuestionario cualitativo aplicado a todos los 476 alumnos de enseñanza secundaria de las escuelas seleccionadas durante el año escolar de 2017. La elaboración del cuestionario contó inicialmente con cuestiones que caracterizan al alumno en cuanto a sexo, edad, turno (por la mañana, tarde y/o noche) y dirección de residencia, y, posteriormente, cuestiones que caracterizan el tipo de transporte que el alumno utiliza para ir y volver de la escuela, tiempo de desplazamiento, motivos por el cual él escoge determinado modo de transporte y percepciones del estudiante sobre seguridad en relación al tráfico en el camino de la escuela. Con base en las variables identificadas en la literatura, que se presentan como barreras a los modos activos de transporte, el cuestionario fue construido elaborando cuestiones donde los alumnos puedan identificar cuáles de ellas aparecen en su día a día.

### 3.3. Procesamiento digital de las características del entorno escolar

Las características de la estructura urbana (built environment, 5D sugeridas por Ewing y Cervero (2010)) asociadas a los viajes fueron obtenidas por la medición de las variables en un área circular (buffer ring) de radio 400 metros –una unidad de barrio (Perry, 1929)– en el entorno escolar (Figura 1).

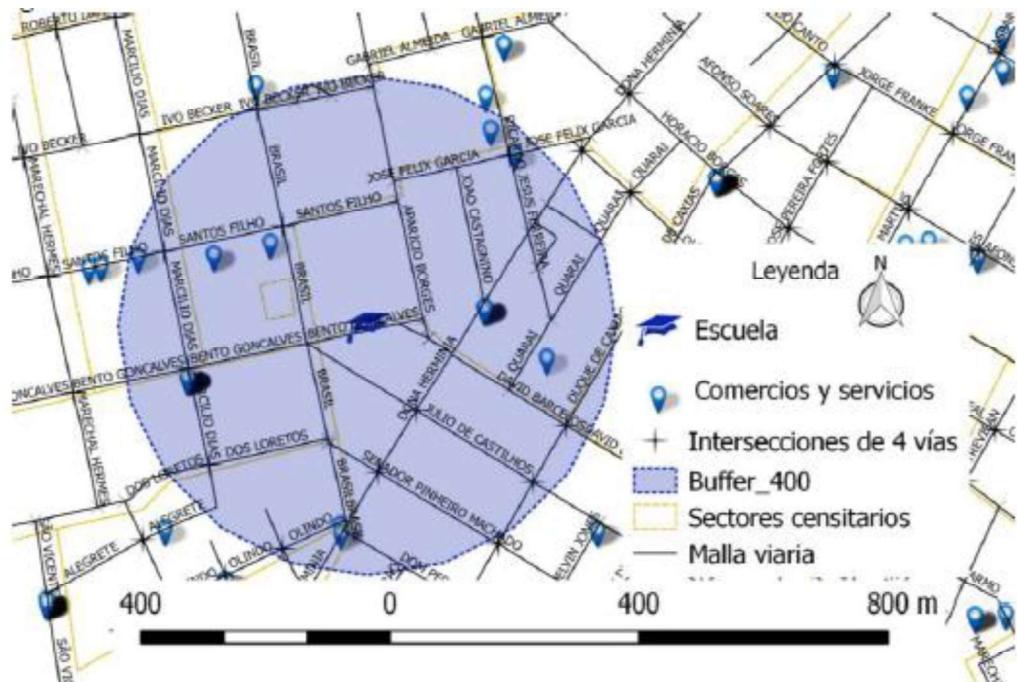


Figura 1: Área circular de caracterización de la estructura urbana en el entorno escolar.

Así, fueron recolectadas cuatro variables referentes a la estructura urbana que abarca dos de las dimensiones que influencian el uso de modos activos: destinos accesibles y diseño urbano. El diseño urbano se caracteriza por el porcentaje de intersecciones de 4 vías o aproximaciones, que mide la conectividad vial; la longitud media de manzana, que indica la conectividad y posibilidad de rutas alternativas; y la declividad media, que está asociada a la impedancia de los desplazamientos activos. Además, el número de comercios y servicios se refiere a la dimensión de destinos accesibles e indica la aproximación de orígenes y destinos y el atractivo asociado al entorno escolar. Mientras que las variables referentes a la malla viaria (longitud media de manzana y porcentaje de intersecciones con 4 aproximaciones) pudieron obtenerse a partir de las bases cartográficas municipales cedidas al estudio, el número de comercios y servicios se obtuvo a través de geocodificación –por la herramienta Quantum GIS– de los datos no espaciales habilitados por la Secretaría Municipal de Industria y Comercio (SMIC) de Cachoeira do Sul.

La declividad media fue obtenida a partir de imagen (raster), disponible en el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, el INPE (TOPODATA, 2008), para la cual se obtuvo la declividad absoluta media en cada sector censitario (IBGE, 2016b) – unidades de agregación menores que el área de buffer en el entorno escolar. Así, la declividad media observada en un buffer es la media de las declividades de los sectores censitarios que componen el área circular ponderadas por la fracción de área de interceptación entre buffer y sector.

### 3.4. Modelo de elección discreta

Los modelos de elección discreta se construyen a partir de un conjunto de opciones disponibles donde se observa la probabilidad de que un individuo escoja una determinada alternativa entre las presentadas (Domenich y McFadden, 1974). En general, modelos de elección discreta indican que la probabilidad de que un individuo elija una determinada alternativa es una función de sus características socioeconómicas y del atractivo particular del individuo en relación a aquella alternativa (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Para representar el atractivo sobre las alternativas, se utiliza el concepto de utilidad (Domenich y McFadden, 1974). La influencia relativa de elección del individuo para cada alternativa se da a través de coeficientes, determinados en base a la satisfacción general producida por la opción (Ortúzar y Willumsen, 2011). Entre esos modelos, el logit binomial permite identificar los factores asociados a la probabilidad de elegir –o no– una alternativa (Ecuación 1). El modelo logit binomial es un caso particular del modelo logit multinomial y se basa en las hipótesis de que el término aleatorio de la probabilidad es idénticamente distribuido según una distribución de Gumbel, que las alternativas son independientes y no comparten efectos no observados (Ben-Akiva y Lerman, 1985). Aplicado al estudio en cuestión, la variable dependiente binaria es dada por la probabilidad de que el individuo realice algún viaje por modo activo en comparación con la opción de no realizarla.

$$P_{activo} = \frac{e^{V_{activo}}}{e^{V_{activo}} + e^{V_{no-activo}}} \quad (Ec.1)$$

en que  $P_{activo}$  es la probabilidad de realizar viaje por modo activo;  $e$  es la base del logaritmo neperiano;  $V_{activo}$  es la utilidad observable de realizar un viaje por modo activo; mientras que  $V_{no-activo}$  es la utilidad observable de no realizar viaje a pie o en bicicleta. En esas utilidades influirán las variables identificadas anteriormente en la revisión de la literatura y que fueron investigadas en el cuestionario presentado a los alumnos del caso de estudio.

### 3.5. Elasticidad

Para cuantificar la importancia relativa de las variables seleccionadas por el modelo de decisión de realizar el viaje por modo activo o no, se calcularon las elasticidades directas de la probabilidad de esa elección. La elasticidad de la probabilidad de elección (decisión de modo activo) mide la sensibilidad de la elección de los individuos en relación a una variable explicativa (independiente) e indica cuál es el cambio de porcentaje en la probabilidad del individuo de elegir una alternativa en función de esa variación marginal (Ortúzar y Willumsen, 2011) y puede ser expresada por la Ecuación 2.

$$E_{P_{iq}, X_{ikq}} = \theta_{ik} \cdot X_{ikq} \cdot (1 - P_{iq}) \quad (Ec. 2)$$

en que  $E_{P_{iq}, X_{ikq}}$  es la elasticidad para la probabilidad de elegir  $P_{iq}$  en relación a un cambio marginal de la variable  $X_{ik}$  para el individuo  $q$ , y  $\theta_{ik}$  es el coeficiente para tal característica en la opción.

## 4. Resultados y Discusiones

Después de la aplicación de los cuestionarios y el geoprocесamiento de las bases de datos municipales, fue posible obtener las variables relevantes –según la literatura y el estudio de las peculiaridades locales– para este caso. La Tabla 2 presenta las variables candidatas al modelo de elección por el modo activo a pie por parte de los estudiantes, para las cuales se presentan la estadística descriptiva y la fuente de obtención de la variable.

Entre los estudiantes entrevistados, el 54% realizan viajes a pie a la escuela, mientras que solo el 2,5% realizan viaje en bicicleta. Esta circunstancia puede ser explicada por la escasa cultura de uso de la bicicleta en la ciudad de Cachoeira do Sul, así como por la ausencia de infraestructura destinada a la bicicleta, tanto en las vías como en las escuelas, lo que inhibe el desplazamiento de los alumnos en ese modo hasta las escuelas. De esta forma, el estudio se dedicó al análisis exclusivo de los viajes activos a pie.

Como la muestra estudiada fue dirigida a los alumnos de enseñanza secundaria, se obtuvo que el 97% de ellos poseía menos de 18 años y que el 84% de los encuestados realizan viajes a la escuela en el período diurno. Se observó igualmente que el 47% de los alumnos evalúa que hay ausencia de señalización en las vías cercanas a sus escuelas, pero solo el 6% se considera atento a las situaciones derivadas del tráfico. Además, el 29% de la muestra ya sufrió o se involucró en algún tipo de accidente de tráfico, ya sea en el camino a la escuela o en otro momento.

Tabla 2: Estadística descriptiva de las variables candidatas a la aplicación del modelo.

Variables (N=476)	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza	Fuente
A pie	0	1	0.54	0.50	0.25	Cuestionario
En bicicleta	0	1	0.025	0.16	0.02	
Activos	0	1	0.57	0.50	0.25	
<i>Percepción</i>						
Reside_muy_lejos ( <i>dummy</i> )	0	1	0.44	0.50	0.25	Cuestionario
Declividad_percibida ( <i>dummy</i> )	0	1	0.09	0.29	0.08	
Inseguridad_accidente ( <i>dummy</i> )	0	1	0.01	0.12	0.01	
Tiempo_desplaz_hasta_5min ( <i>dummy</i> )	0	1	0.22	0.42	0.17	
Tiempo_de_viaje_16a30 ( <i>dummy</i> )	0	1	0.17	0.38	0.14	
Bicicleta_disponible ( <i>dummy</i> )	0	1	0.43	0.50	0.25	
Viaje_bicicleta ( <i>dummy</i> )	0	1	0.02	0.14	0.02	
Falta_de_señalización ( <i>dummy</i> )	0	1	0.47	0.50	0.25	
Exposición_tráfico_intenso	0	1	0.13	0.34	0.11	
Vehículos_alta_velocidad	0	1	0.37	0.48	0.23	
Travesía_fuera_paso_peatones	0	1	0.11	0.31	0.10	
Atento_al_tráfico	0	1	0.06	0.25	0.06	
Desatento_al_tráfico	0	1	0.65	0.48	0.23	
<i>Individuo</i>						
Accidente_previo ( <i>dummy</i> )	0	1	0.29	0.45	0.21	Cuestionario
Menor_de_18años ( <i>dummy</i> )	0	1	0.97	0.17	0.03	
Viajes_por_día	0	1	0.84	0.37	0.14	
<i>Estructura urbana</i>						
Longitud media de manzana (m)	170.16	889.40	338.28	303.83	92312.41	PMCS/GIS
Declividad_absoluta (%)	0.06	0.08	0.07	0.01	0.00	INPE/GIS
Intersecciones_4_vías (%)	0.00	0.61	0.41	0.25	0.06	PMCS/GIS
Comercios_y_servicios (nº)	26.00	127.00	86.39	45.23	2046.15	SMIC/GIS

Las variables candidatas exhibidas en la Tabla 2 fueron sometidas a la estimación en el software Biogeme (Bierlaire, 2003) que analiza la verosimilitud de modelos paramétricos que utilizan el modelo discreto, resultando en 6 variables significativas al nivel de confianza mínimo del 90% (p-valor < 0.1) asociadas a la elección del modo a pie por parte de los estudiantes. El test de razón de verosimilitud (p-valor) revela el impacto que la adición del componente error causa en el modelo, lo que indica que el análisis final no está afectado debido a la influencia del error. El ajuste del modelo es dado por el pseudo-R<sup>2</sup> puede ser considerado un buen ajuste (Ortúzar y Willumsen, 2011). Entre las variables encontradas como significativas, dos se refieren a la estructura urbana en el entorno escolar, una es relativa al usuario y tres expresan la percepción de los usuarios sobre la infraestructura del entorno escolar, conforme presenta la Tabla 3, donde se incluyen también los resultados de la elasticidad calculada para cada variable.

Tabla 3: Variables significativas para la elección del modo a pie

Variable	Coeficiente ( <i>p</i> -valor)	Elasticidad
Comercios y servicios (nº)	0.0674 (0.00)	2.98
Intersecciones 4 vías (%)	-13.2 (0.00)	-2.85
Tiempo desplaz hasta 5min (1;0)	0.599 (0.08)	0.04
Accidente previo (1;0)	-0.6 (0.04)	-0.089
Travesía fuera paso peatones (1;0)	1.35 (0.00)	0.067
Constante	0.783 (0.02)	
N. parámetros: 7; Pseudo- <i>R</i> <sup>2</sup> : 0.343; Log-likelihood: -210.122		

Las variables que presentan signo positivo en el coeficiente del modelo indican que conforme su ocurrencia observacional aumenta, crece la probabilidad de la elección del modo a pie por los estudiantes. Si se verifica signo negativo, se entiende que conforme la ocurrencia de la variable aumenta, disminuye la posibilidad de la elección por el modo a pie. De esta forma, la variable Comercios y servicios presentó valor positivo, luego conforme su ocurrencia aumenta, los estudiantes tienden a utilizar más esos caminos para el trayecto a pie a la escuela, resultado opuesto al obtenido para un análisis semejante en Helsinki (Broberg y Sarjala, 2015). Además, a través del cálculo de la elasticidad del modelo, esta variable se mostró como la más influyente sobre la decisión de caminar hacia los estudiantes (2.98). Estos resultados se explican principalmente desde el punto de vista de la infraestructura y de la percepción del usuario, destacando la diferencia de porte de las ciudades analizadas: mientras en la capital finlandesa la presencia de comercios y servicios puede provocar un aumento de la atracción de viajes motorizados y, por tanto, desincentivación a los modos activos, en una ciudad de pequeño tamaño como Cachoeira do Sul, la presencia de comercios y servicios indica generalmente mayor actividad urbana capaz de tornar las calles más vivas (Gehl, 2013). Además, regiones con más comercios son más atractivas visualmente y, como reciben mayor flujo de personas diariamente, la infraestructura generalmente presenta mejores condiciones para caminar, como mayor anchura de las aceras, pavimento plano y confortable, iluminación y más pasos de peatones. Así, la ubicación de las escuelas en áreas comerciales puede hacer que estos ambientes sean más atractivos para el peatón gracias a la mejor infraestructura urbana, caminos con mayor presencia de transeúntes y seguridad pública.

A pesar de que las investigaciones afirman que las calles más conectadas influyen positivamente en la calidad de los viajes a pie (Frank y Hawkins, 2008; Ewing y Cervero, 2010), en el estudio se verificó que las intersecciones con 4 aproximaciones influyen negativamente en lo que se refiere a la elección del modo a pie y aparecen como la segunda más importante del modelo de acuerdo con su elasticidad. Las intersecciones con esta configuración presentan un alto grado de interacción entre usuario y vehículo proporcionando mayor conflicto y, consecuentemente, posibilidad de ocurrir accidentes, aumentando la sensación de inseguridad para el peatón. Para reducir este efecto negativo, pueden aplicarse políticas públicas a la ordenación del tráfico, como el uso de semáforos o el aumento de la seguridad en los pasos de peatones mejorando la visibilidad y la señalización o reduciendo de forma efectiva la velocidad de los vehículos motorizados.

La variable relacionada a la distancia y tiempo de caminada (Tiempo\_desplaz\_hasta\_5min) mostró que la realización de trayectos en un intervalo de tiempo de hasta 5 minutos constituye un factor positivo de influencia para caminar. Considerando una velocidad media de caminada, en 5 minutos el estudiante camina entre 400 y 500 metros, o sea, dentro de la unidad de barrio definida. Al mismo tiempo, se verificó que residir muy lejos de la escuela es un factor desestimulante para caminar. El adjetivo “lejos” le correspondió al estudiante cuantificarlo en el momento de la aplicación del cuestionario, por lo que se entiende que aspectos físicos del individuo, de infraestructura y temporales

fueron sumados en la elección de esta alternativa. De esta forma, puede entenderse que para casos como el estudiado en Cachoeira do Sul la ubicación de los alumnos en escuelas que se encuentran más cerca de sus residencias favorece los modos activos de locomoción, haciendo de ese equilibrio entre la oferta de la escuela y la demanda de los alumnos de la región un criterio que podría vincular la planificación de las políticas públicas educativas y de movilidad urbana.

Sin embargo, estas variables que relacionan el tiempo y la distancia de caminada en el modelo logit aparecieron como las menos influyentes a través del cálculo de las elasticidades. Ante la carencia de seguridad pública de la realidad brasileña actual que provoca temor por asaltos y violencia en el día a día, aparece como cuestión cultural del usuario priorizar caminos que sean más frecuentados por otros peatones –generando una sensación de seguridad en desplazarse a pie–, más de que si la distancia es la menor posible.

Por otro lado, los resultados demuestran que atravesar la calle fuera de los pasos de peatones no es algo que inhiba los desplazamientos a pie. Esto puede ser influenciado por la percepción con relación al entorno escolar, ya que, de acuerdo con Villaveces (2012), la percepción generalizada de ambientes inseguros aumenta los comportamientos de riesgo de los peatones y de otros usuarios (es decir, por no usar pasos de peatones o no parar en semáforos). De acuerdo con las características de las regiones donde las escuelas estudiadas se sitúan, ese comportamiento señalado por el modelo puede ser explicado también por el escaso movimiento de vehículos en algunas vías que los estudiantes utilizan durante el trayecto a la escuela, causando una falsa sensación de seguridad en realizar la travesía en lugares no señalizados.

Finalmente, el modelo apuntó que individuos que ya hayan sufrido accidentes de tránsito, sea en el camino de la escuela o no, son menos propensos a elegir el modo a pie como transporte (*Accidente\_previo*). Este resultado puede justificarse más por aspectos psicológicos de que por limitaciones físicas, pues el estudiante que vive esa experiencia crea una barrera psíquica donde se siente más seguro resguardado por la estructura metálica de un vehículo automotor, por ejemplo.

De acuerdo con estos dos últimos resultados, en el caso estudiado son necesarias acciones de educación en el tráfico que conciencien a los alumnos sobre las actitudes de riesgo y la utilización de los modos activos de locomoción de forma segura y responsable. De este modo, los tres ejes que fundamentan la ingeniería de tráfico –infraestructura, educación y fiscalización– aparecen como fundamentales para mitigar las barreras identificadas a la hora de escoger modos activos para el transporte diario.

## 5. Conclusiones

Los niños y adolescentes del grupo de edad investigado enfrentan desafíos cuando inician la convivencia con el tráfico urbano. Por diversos factores los jóvenes observan el vehículo automotor como la solución para su propia seguridad y comodidad. Los padres y responsables, muchas veces, por miedo en relación a la seguridad vial o pública acaban por inducir a los jóvenes al uso del transporte individual motorizado en detrimento del transporte activo.

Esta investigación identificó barreras que impiden o perjudican el acto de caminar de los estudiantes de enseñanza secundaria de Cachoeira do Sul, una ciudad de pequeño tamaño en el sur de Brasil, en los trayectos entre casa y la escuela. Entre los principales resultados, se identificó que la presencia de más comercios y servicios, variable asociada al nivel de actividad urbana, es la característica urbana

de mayor impacto en la elección por usar el modo activo a pie. Por otro lado, la posibilidad de realizar esos trayectos en menos de cinco minutos, o sea, dentro del propio barrio, también incentiva a los entrevistados a caminar. En ese sentido, esos resultados actúan como una evidencia empírica y sugieren la aproximación de orígenes y destinos como una estrategia para la promoción de la movilidad activa, así como la mejora de las condiciones de infraestructura asociadas a la calidad de los desplazamientos cotidianos.

Además, los resultados de este estudio demuestran que la mayoría de las variables que apuntan a la reducción de la probabilidad de realizar viajes a pie tienen relación con la seguridad vial (como haber sufrido previamente un accidente o tener mayor peligro de conflicto con vehículos). Igualmente, actitudes de riesgo en el tráfico por parte de los usuarios influyen negativamente en la adopción de costumbres más relacionadas al transporte sostenible, lo que incide en la necesidad de acompañar las medidas de ingeniería y fiscalización con campañas de educación y concienciación que aumenten su eficacia.

Como posibles trabajos futuros derivados de este estudio se recomienda ampliar el área de investigación, mapeando nuevas barreras tanto para estudiantes como para otros públicos específicos de las ciudades de pequeño y medio porte. Los resultados pueden servir de base para políticas públicas que prioricen inversiones y acciones estratégicas para el fomento del transporte activo.

## Referencias

- BALL, K. et al. Perceived Environmental Aesthetics and Convenience and Company Are Associated with Walking for Exercise among Australian Adults. *Preventive Medicine*, Austrália: set. 2001.
- BARROS, A. P. B. G.; MARTÍNEZ, L. M. G.; VIEGAS, J. M.; A caminhabilidade sob a ótica das pessoas: O que promove e o que inibe um deslocamento a pé. *Revista UR*, jul. 2015.
- BEN-AKIVA, M. E.; LERMAN, S. R. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand. MIT press, 1985.
- BIERLAIRE, M. BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models. *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*. Ascona, Switzerland, 2003.
- BRASIL. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília - DF, Brasil, 2012.
- BROBERG, A.; SARJALA, S. School travel mode choice and the characteristics of the urban built environment: The case of Helsinki, Finland. *Transport Policy*, v. 37, p. 1–10, 2015.
- CERVERO, R.; KOCKELMAN, K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity and design. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 2, n. 3, p. 199–219, 1997.
- CERVERO, R.; SARMIENTO, O. L.; JACOBY, E.; GOMEZ, L. F.; NEIMAN, A. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 3, n. 4, p. 203–226, 2009.
- CHAUDHURY, H.; MAHMOOD, A.; MICHAEL, Y. L.; CAMPO, M.; HAY, K. The influence of neighborhood residential density, physical and social environments on older adults' physical activity: An exploratory study in two metropolitan areas. *Journal of Aging Studies*, v. 26, n. 1, p. 35-43, jan. 2012.
- CLARK, A. F.; SCOTT, D. M. Barriers to walking: an investigation of adults in Hamilton (Ontario, Canada). *International journal of environmental research and public health*, v. 13, n. 2, p. 179, 2016.

- DOMENICICH, T.; MCFADDEN, D. Urban travel demand: a behavioral analysis. North-Holland, 1975.
- DUNTON, G. F.; SCHNEIDER, M. Peer Reviewed: Perceived Barriers to Walking for Physical Activity. Preventing chronic disease, v. 3, n. 4, 2006.
- ELVIK, R. The handbook of road safety measures. Oxford: Elsevier, 2004.
- EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment. Journal of the American Planning Association. v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010.
- FRANK, L.; HAWKINS, C. Fused Grid Assessment: Travel and environmental impacts of contrasting pedestrian and vehicular connectivity. Research Report. Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), 2008. Disponível en: <<http://publications.gc.ca/site/eng/393847/publication.html>>. Acesso em 04 abril 2018.
- FRYE, A. Disabled and Older Persons and Sustainable Urban Mobility, Thematic study prepared for Global Report on Human Settlements, 2013.
- GAMACHE, S.; ROUTHIER, F.; MORALES, E.; VANDERMISSSEN, M.-H.; LEBLOND, J.; BOUCHER, N.; MCFADYEN, B. J.; NORÉAU, L. Municipal practices and needs regarding accessibility of pedestrian infrastructures for individuals with physical disabilities in Québec, Canada. Journal of accessibility and design for all, v. 7, n. 1, p. 21-55, 2017.
- GEHL, J. Cidades para pessoas. Perspectiva, 2 ed. São Paulo, 2010.
- GLAZIER, R. H.; CREATORE, M. I.; WEYMAN, J. T.; FAZLI, G.; MATHESON, F. I.; GOZDYRA, P.; MOINEDDIN, R.; SHRIQUI, V. K.; BOOTH, G. L. Density, destinations or both? A comparison of measures of walkability in relation to transportation behaviors, obesity and diabetes in Toronto, Canada. PloS one, v. 9, n. 1, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores. Rio de Janeiro, 2016a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Rio Grande do Sul: Cachoeira do Sul. 2016b. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cachoeira-do-sul>>. Acesso em: 28 mar. 2018.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Relatório brasileiro para a Habitat III. Conselho das Cidades. Brasília, 2016.
- MCDONALD, N. C.; YANG, Y.; ABBOTT, S. M.; BULLOCK, A. N. Impact of the Safe Routes to School program on walking and biking: Eugene, Oregon study. Transport policy, v. 29, p. 243-248, 2013.
- MCMILLAN, T. E. Urban form and a child's trip to school: the current literature and a framework for future research. Journal of Planning Literature, v. 19, n. 4, p. 440-456, 2005.
- MIRANDA-MORENO, L. F.; MORENCY, P.; EL-GENEIDY, A. M. The link between built environment, pedestrian activity and pedestrian-vehicle collision occurrence at signalized intersections. Accident Analysis and Prevention 43(5), p. 1624-1634 (2011).
- MITRA, R. Independent Mobility and Mode Choice for School Transportation: A Review and Framework for Future Research. Transport Reviews, v. 33, n. 1, p. 21–43 (2013).
- NAPIER, M. A.; BROWN, B. B.; WERNER, C. M.; GALLIMORE, J. Walking to school: Community design and child and parent barriers. Journal of Environmental Psychology, v. 31, n. 1, p. 45-51, 2011.
- OESTREICH, L.; LEMES, J. A.; MENNA, R. O.; TORRES, T. B.; RUIZ-PADILLO, A. Avaliação da percepção de segurança viária no entorno de escolas mediante uma análise estatística fuzzy. Anais do XXXI Congresso Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes (ANPET), Recife, Brasil, 2017.

- ORTÚZAR, J. de D.; WILLUMSEN, L. G. Modelling Transport. 4 ed, John Wiley & Sons, 2011.
- PERRY, C. The neighborhood unit. Volume VII. New York: Regional Plan of New York and Its Environs, 1929.
- PONGPRASERT, P.; KUBOTA, H. Switching from motorcycle taxi towalking: A case study of transit station access in Bangkok, Thailand. IATSS Research 41, 182–190 (2017).
- POOLEY, C. G.; TURNBULL, J.; ADAMS, M. The journey to school in Britain since the 1940's: continuity and change. *Area*, v. 37, n. 1, p. 43-53, 2005.
- RAFIEMANZELAT, R.; EMADI, M. I.; KAMALI, A. J. City sustainability: the influence of walkability on built environments. *Transportation Research Procedia* 24, p. 97–104 (2017).
- ROTHMAN, L., BULIUNG, R., TO, T., MACARTHUR, C., MACPHERSON, A., HOWARD, A. Associations between parent's perception of traffic danger, the built environment and walking to school. *Journal of Transport and Health*, v. 2, n. 3, p. 327–335, 2015.
- SAELENS, B. E.; HANDY, S. L. Built Environment Correlates of Walking: A Review. *Med Sci Sports Exerc.* 40(7 Suppl), p. 550–566, 2008.
- STAMM, C.; STADUTO, J. A. R.; LIMA, J. F.; WADI, Y. M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. *Interações (Campo Grande)*, v. 14, n. 2, 2013.
- STROHMEIER, F. Barriers and their influence on the mobility behavior of elder pedestrians in urban areas: challenges and best practice for walkability in the city of Vienna. *Transportation Research Procedia*, v. 14, p. 1134-1143, 2016.
- TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. Acesso em 28 mar. 2018.
- VILLAVECES, A.; NIETO, L.A.; ORTEGA, D.; RÍOS, J.F.; MEDINA, J. J.; GUTIÉRREZ M. I.; RODRÍGUEZ, D. Pedestrians' perceptions of walkability and safety in relation to the built environment in Cali, Colombia, 2009–10. *Injury prevention*, 2012.
- WOOD, L.; FRANK, L. D.; GILES-CORTI, B. Sense of community and its relationship with walking and neighborhood design. *Social Science & Medicine*, v. 70, n. 9, p. 1381-1390, 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global status report on road safety 2015, 2015.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. World Health Statistics: A wealth of information on global public health. Geneva, Switzerland, 2013.
- YEUNG, J.; WEARING, S.; HILLS, A. P. Child transport practices and perceived barriers in active commuting to school. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 42, n. 6, p. 895-900, 2008.
- YIANNAKOULIAS, N.; BLAND, W.; SCOTT, D. M. A geography of moral hazard: Sources and sinks of motor-vehicle commuting externalities. *Health & Place* 29, 161–170 (2014).