

# Acessibilidade

## Alguns Conceitos e Indicadores

*Carlos Paiva*

### Introdução

Acessibilidade é um tema que, apesar de discutido desde o século XIX, foi retomado recentemente como um assunto de suma **importância para o planejamento urbano, por ser um instrumento que possibilita identificar áreas com desigualdades na oferta de infra-estrutura básica** (Goto, 2000) e por **estar diretamente relacionado à qualidade de vida dos cidadãos** (Vasconcellos, 2000).

Segundo Handy (1992), apud Raia Jr. (2000), o conceito de acessibilidade tem sido amplamente empregado na literatura como uma das **melhores medidas de qualidade de serviços de transportes**, enquanto Hanson (1995) chega a afirmar que “a **acessibilidade deveria ser o tópico central de uma medida de qualidade de vida**”.

Januário (1997) diz que a acessibilidade do sistema de transportes considera a facilidade de acesso aos diferentes locais da área considerada. Os estudos de acessibilidade são bastante variados e possuem diferentes direções, de acordo com os objetivos possíveis em cada situação, no entanto, todos eles visam quantificar ou medir as facilidades e/ou dificuldades de acesso.

Vickerman (1974) afirma que não é fácil definir acessibilidade em termos precisos e quantitativos, pois envolve elementos geográficos relativos à localização de destinos satisfatórios e características da rede de transporte.

Concordando com Vickerman (1974) sobre a dificuldade de se definir precisamente acessibilidade, vamos expor, neste capítulo, os principais conceitos existentes, sempre buscando relacioná-los ao modo coletivo (sistema de transporte coletivo urbano).

Ao nosso ver, o conceito de acessibilidade (facilidade de atingir destinos, Vasconcellos, 1996b) relacionado ao modo de transporte coletivo urbano, pode ser dividido, para melhor compreensão e análise em dois conceitos complementares:

- **acessibilidade ao sistema de transporte**, que mediria a facilidade do usuário acessar o sistema de transporte coletivo em sua região de moradia, trabalho e etc.
- **acessibilidade a destinos**, que mediria, após o acesso ao sistema de transporte, a facilidade de se chegar ao local desejado.

Buscaremos então, com base no exposto, aprofundar nosso entendimento do conceito de acessibilidade.

### Acessibilidade ao Sistema de Transporte

A acessibilidade ao sistema de transporte está diretamente relacionada a características da rede: sua configuração, localização, distância entre pontos de parada, etc. Segundo Santos (2005), a acessibilidade ao sistema de transporte público está relacionada com as distâncias que os usuários caminham quando utilizam o transporte coletivo, desde a origem da viagem até o ponto de embarque e do ponto de desembarque até o destino final. Quanto menos o passageiro caminha, melhor é a acessibilidade ao sistema de transporte público.

O tempo gasto pelo usuário, desde uma dada origem até o ponto de parada para embarque e do ponto de desembarque até o destino final, está diretamente relacionado ao nível de satisfação quanto ao itinerário. Evidentemente, para um usuário, o ideal seria que os pontos de embarque e desembarque fossem junto à origem e ao destino da viagem (Batista Jr. e Senne, 2000).

Segundo a Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, Brasília (EBTU, 1998), a acessibilidade de um sistema de transporte público de passageiros pode ser caracterizada pela maior ou menor facilidade de acesso ao sistema, sendo proporcional ao tempo decorrido até o ponto de parada e o tempo de espera pelo veículo. Assim, para o passageiro, a melhor condição ocorreria quando ele dispusesse de pontos de parada próximos aos locais de origem e destino de seus deslocamentos e também contasse com frequência adequada de serviço.

Para o transporte coletivo o posicionamento dos pontos de parada tem grande flexibilidade. Sua localização pode ser alterada em decorrência de vários fatores, como das condições de trânsito, conveniências dos usuários, uso e ocupação do imóvel mais próximo, etc. Quanto menor for a distância de caminhada, no início e no final da viagem, maior será a acessibilidade e menor será o esforço despendido para a realização da viagem. Os sistemas de ônibus mais acessíveis produzem atitudes de concordância com relação ao sistema (Andrade *et al.*, 2004).

Na mesma linha de Andrade, Ferraz (1999) define acessibilidade ao transporte coletivo como a distância que os usuários necessitam caminhar para utilizar o transporte na realização de uma viagem, compreendendo a distância da origem da viagem até o local do embarque e do local de desembarque até o destino final.

Em resumo, para o cálculo da acessibilidade ao sistema de transporte, os autores relacionados acima identificam as seguintes variáveis a serem analisadas: a) tempo ou distância de caminhada entre a origem da viagem e o ponto de embarque e/ou ponto de desembarque e o destino do usuário; b) tempo de espera pelo transporte no ponto de embarque, relacionado à frequência das linhas e c) localização e distribuição dos pontos de parada, facilidade de acesso ao sistema de transporte.

## **Acessibilidade a Destinos**

Segundo Ingram (1971), acessibilidade pode ser considerada a forma de superar um obstáculo espacial (que pode ser medida pelo tempo e/ou distância) e que é uma característica inerente a um determinado local. Existem dois tipos de acessibilidade: 1) acessibilidade relativa – grau de conexão entre dois lugares (ou pontos) e 2) acessibilidade integral – grau de conexão entre um ponto e todos os outros pontos de uma mesma área.

A facilidade dos usuários alcançarem os destinos pretendidos, traduzida pela coincidência dos itinerários com os desejos dos usuários, pode ser expressa através do tempo necessário para se efetuarem os deslocamentos através da rede de linhas (Batista Jr. e Senne, 2000).

Para estudo de Transportes em Sydney, Austrália, Black & Conroy (1977) consideraram a acessibilidade de uma zona como a facilidade ou a dificuldade em atingir as atividades desta zona e de outras zonas através de sistema de transportes.

Os índices de acessibilidade utilizados em modelos de transporte são baseados na premissa de que a separação (seja ela tempo ou distância) limita o número de oportunidades disponíveis. A acessibilidade pode ser interpretada, portanto, como uma relação entre pessoas e espaço, e que independentemente da realização de viagens mede o potencial ou oportunidade para deslocamentos a atividades selecionadas (Morris *et al.*, 1979).

Dalvi (1978), apud Goto (2000) diz que a acessibilidade indica o conforto com o qual um local de determinada atividade pode ser alcançado a partir de um determinado lugar, através da utilização de um sistema de transporte específico. E que essa definição sugere a existência de dois termos: localidade de atividades ou oportunidades desejadas e oferta de serviços de transporte para chegar ao destino desejado. O autor, ainda cita que, em geral, a acessibilidade recebe duas formas de medições: (a) oportunidades ponderadas por uma função decrescente de interação de custos em tempo ou dinheiro e (b) funções cumulativas de oportunidades que podem ser alcançadas dentro de um tempo de viagem específico.

Koenig (1980) afirma que a acessibilidade é a facilidade com que alguma atividade pode ser alcançada de um determinado lugar, usando um sistema de transporte particular. A noção de acessibilidade associa dois aspectos: a realização de oportunidades desejadas e, de outro lado, o serviço de transporte ofertado.

Vasconcellos (1996b) diz que a acessibilidade, como facilidade de atingir os destinos desejados por uma determinada pessoa, é o indicador mais direto dos efeitos de um sistema de transporte. E, ainda, Vasconcellos (1996a e 1996b) subdivide a acessibilidade em dois tipos: macroacessibilidade, que define como a facilidade de cruzar o espaço e ter acesso a equipamentos e construções; e microacessibilidade, como a facilidade de ter acesso direto aos veículos ou aos destinos finais desejados.

Davidson (1995) definiu a acessibilidade como a facilidade com que pessoas podem adquirir acesso, por meio de um sistema de transporte, para todas as outras localidades de uma determinada área. Introduziu uma nova forma de medir acessibilidade: o isolamento - uma função inversa da acessibilidade, que é uma medida negativa diretamente aplicável para avaliação de sistemas de transporte e uso do solo. Ele afirma que estes dois índices (acessibilidade e isolamento) são características de um determinado lugar, definidas pelo sistema de transporte e pela distribuição de atividades.

Van Der Waerden *et al.* (1999) apud Goto (2000) realizaram um estudo na cidade de Eindhoven, Holanda, para verificar a correlação entre medições objetivas e avaliações subjetivas de acessibilidade. A acessibilidade objetiva foi calculada a partir de um índice médio de separação e de um índice do tipo gravitacional, aplicados a redes de transporte motorizado e de bicicletas; a avaliação subjetiva foi obtida através de questionários aplicados a uma amostra da população da cidade em questão (cerca de 18.750 domicílios) em 1995.

E ainda, Ordosgoitia *et al.* (2000) conceitua acessibilidade como um indicador de facilidade ou dificuldade para alcançar um determinado lugar. No entanto, o modelo a ser utilizado para cada caso deverá levar em conta o grau de detalhamento necessário à obtenção de índices mais representativos para a realidade local.

Em resumo, para acessibilidade a destinos, os autores relacionados acima identificam os seguintes conceitos: a) facilidade ou dificuldade de atingir algum lugar; b) potencial ou oportunidade para deslocamentos a lugares selecionados e c) conforto com o qual um local determinado pode ser alcançado.

Relativo a procedimentos de cálculo da acessibilidade, os mesmos autores, indicam: a) acessibilidade relativa – grau de conexão entre dois lugares; b) acessibilidade integral – grau de conexão entre determinado local e todos os outros locais; c) oportunidades ponderadas por uma função decrescente de interação de custos em tempo ou dinheiro e d) isolamento - uma função inversa da acessibilidade que é uma medida negativa diretamente aplicável para avaliação de sistemas de transporte/uso do solo.

## **Indicadores de Acessibilidade**

Raia Jr. (2000) apresenta após estudo aprofundado do tema, uma classificação bastante ampla e detalhada dos indicadores de acessibilidade, segundo ele “amalgamada a partir de classificações de diversos autores tais como Vickerman (1974), Morris *et al.* (1979), Richardson & Young (1982), Jones (1981), Giannopoulos & Boulougaris (1989), Bartolomeu e Cáceres (1992), Sales Filho (1997 e 1998), Joaquim (1999) a partir de Jones (1981) e Arruda (1999)”. O autor classifica os indicadores de acessibilidade em: I) indicadores do tipo atributos de rede; II) indicadores do tipo quantidade de viagens; III) indicadores do tipo oferta do sistema de transporte; IV) indicadores que usam dados agregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo e V) indicadores que usam dados desagregados que combinam aspectos de transporte e uso solo.

Entre este conjunto bastante extenso de indicadores levantados por Raia Jr. (2000), buscaremos abaixo detalhar aqueles que nos pareçam compatíveis com os conceitos já definidos de acessibilidade ao sistema de transporte e acessibilidade a destinos.

- **Indicadores do Tipo Atributos de Rede**

Entre os indicadores do tipo atributos de rede (classificação de Raia Jr., 2000), destacamos como de nosso interesse, os indicadores de: conectividade de nó (representa área ou região definida) nas ligações do sistema de transporte (Taaffe & Gauthier, 1973), acessibilidade temporal (Richardson & Young, 1982) e separação espacial, baseada principalmente nos trabalhos de Ingram (1971) que generalizou as medidas de Shimbel (1953).

Os indicadores de conectividade verificam se dois pontos no espaço estão fisicamente conectados por um sistema de transporte, permitindo assim o deslocamento entre eles. Neste caso a acessibilidade a destinos (nossa classificação) de determinada zona é dada pelo número de zonas conectadas diretamente a esta zona pelo sistema de transporte.

Na acessibilidade temporal, por sua vez, considera-se a situação onde não se tem acessibilidade por um modo de transporte em determinados períodos, por exemplo, linhas de ônibus que não circulam em determinadas horas (principalmente durante a madrugada) e/ou em diferentes dias da semana (sábados e domingos, por exemplo). Para este tipo de indicador, a acessibilidade ao sistema de transporte (nossa classificação) poderia ser medida, por exemplo, pelo inverso do tempo (horas ou minutos) em que não exista transporte coletivo disponível ao usuário.

Já nos indicadores de separação espacial (acessibilidade a destinos), a medida de acessibilidade é realizada através do custo da viagem: distância entre zonas e/ou tempo médio da viagem entre zonas ou ainda formulação mais complexa. Ingram (1971) propôs um indicador baseado na distância média de cada ponto em relação a todos os outros pontos.

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n}$$

onde  $A_i$  é acessibilidade da zona  $i$ ,  $d_{ij}$  a distância entre zonas  $i$  e a zona  $j$ , e  $n$  o número total de zonas.

- **Indicadores do Tipo Quantidade de Viagens**

Sobre o indicador de acessibilidade do tipo quantidade de viagens, podemos afirmar que este leva em conta, além do custo da viagem, a probabilidade das viagens serem realizadas. Dogson (1974) definiu como indicador de acessibilidade a destinos (nossa classificação) a equação abaixo:

$$A_i = \sum_j P_{ij} C_{ij}^\alpha$$

onde  $A_i$  é o indicador de acessibilidade da região  $i$ ,  $P_{ij}$  é a probabilidade de ocorrer a viagem entre as zonas  $i$  e  $j$ , e  $C_{ij}$  representa o custo da viagem entre as áreas  $i$  e  $j$ .

O cálculo da probabilidade tem como base o modelo gravitacional de distribuição de viagens (onde  $W_j$  é o número de empregos na zona  $j$ ):

$$P_{ij} = \frac{W_j}{C_{ij}} \Big/ \sum_j \frac{W_j}{C_{ij}}$$

- **Indicadores do Tipo Oferta do Sistema de Transporte**

Entre os indicadores do tipo oferta do sistema de transporte (classificação Raia Jr., 2000) destacamos o indicador elaborado por Bruton (1979), ao nosso ver relacionado ao conceito de acessibilidade ao sistema de transporte, e que utilizou como parâmetros o número de linhas que servem determinada região, a frequência do sistema de ônibus e a área desta região. Segue abaixo a fórmula definida pelo autor.

$$A_i = \frac{\sum \sqrt{F^z_{m,i}}}{\sqrt{S_i}}$$

Sendo:  $A_i$  o indicador de acessibilidade da região  $i$ ,  $F^z_{m,i}$  a frequência do sistema de transporte  $m$  que serve a região  $i$  através da rota  $z$  no horário de entre-picos, e  $S_i$  a área da região  $i$  em quilômetros quadrados.

É interessante observar que para avaliar a acessibilidade, o autor trabalha com a frequência do sistema de transporte nos entre-picos, desconsiderando, portanto, a grande maioria das viagens motivos trabalho e escola que são realizadas principalmente no pico manhã e tarde.

- **Indicadores que Usam Dados Agregados que Combinam Aspectos de Transporte e Uso do Solo**

Entre os indicadores que usam dados agregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo, destacamos o tradicional modelo de Hansen (1959). Com relação a este modelo (acessibilidade a destinos, nossa classificação) vale a pena comentar que ele foi trabalhado por diversos autores como Vickerman (1974), Dalvi & Martin (1976), Koenig (1980) e Hanson (1995), e sua equação genérica é:

$$A_i = \sum_j W_j f(C_{ij})$$

onde  $W_j$  é o número de oportunidades na zona  $j$  para determinado motivo, sendo que Hanson (1995) define  $f(C_{ij})$  como  $1/C_{ij}^\alpha$ , sendo  $C_{ij}$  a distância ou o tempo de viagem entre as zonas  $i$  e  $j$ , e  $\alpha$  em geral 1.

A equação normalizada deste mesmo modelo é:

$$A_i = \frac{\sum_j W_j f(C_{ij})}{\sum_j W_j}$$

- **Indicadores que Usam Dados Desagregados que Combinam Aspectos de Transporte e Uso do Solo.**

Entre os indicadores do tipo dados desagregados que combinam aspectos de transporte e uso do solo (classificação de Raia Jr., 2000), destacamos como de interesse de nosso estudo, os que se utilizam de medidas de contorno, às vezes chamados de medida de oportunidades ou medidas isócronas.

Neste tipo de indicador de acessibilidade a destinos (nossa classificação), a acessibilidade de uma zona pode ser definida como: a) número de oportunidades (atividades nas zonas) que podem ser atingidas dentro de um custo de viagem (tempo, distância ou função mais complexa) e b) custo de viagem necessário para se atingir um dado número de oportunidades.

Diversos autores, entre eles, Pirie (1979), Mowforth (1989) e Arruda (1999) analisaram este tipo de indicador, considerando um caso particular do gravitacional (Koenig, 1980). Para determinado custo de viagem  $C$  arbitrário, temos a seguinte equação:

$$A_i = \sum_j W_j f(c_{ij})$$

onde:

$$f(c_{ij}) = 1 \text{ se } c_{ij} \leq C$$

$$f(c_{ij}) = 0 \text{ se } c_{ij} > C, \text{ contorno } C \text{ e } W_j \text{ é o número de oportunidades na zona } j$$

Em alguns trabalhos consideram-se como oportunidades à determinada zona, o número de postos de trabalho, já em outros, temos oportunidades como o conjunto de empregos, moradias e serviços oferecidos.

## Bibliografia

**ANDRADE**, Karoline Rosalen; **PAULA**, Victor Aparecido de; **MESQUITA**, Adailson Pinheiro; **VILLELA**, Patrícia Almeida (2004) – Problemas Relacionados aos Pontos de Parada do Transporte Público nas Cidades de Porte Médio, IV Seminário Internacional da LARES, 2004, [http://www.lares.org.br/SL4G\\_andrade.pdf](http://www.lares.org.br/SL4G_andrade.pdf)

**ARRUDA**, J. B. F. (1999 e 1997) – Determinação do impacto de projetos de transportes na acessibilidade do trabalhador às principais zonas de emprego urbano. In: CNT/ANPET, orgs. Transporte em Transformação II. São Paulo, Makron Books, p.141-154. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 11, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v. II, p. 975-984.

**BARTOLOMEU**, R. L.; **CACERES**, A. M. (1992) – La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluacion e cohesion economica y social. Transporte y Comunicaciones, n.56, p. 33-56.

**BATISTA** Jr., Edgard Dias e **SENNE**, Edson Luiz França (2000) – TRANSIS: Um Novo Método para Avaliar o Desempenho de Sistemas de Transporte Urbano de Passageiros, ANPET 2000, <http://www.lac.inpe.br/~marcos/arsig2/anpet2000.pdf>

**BLACK**, J; **CONROY**, M.(1997) – Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. *Environment and Planning A*, v.9, n.9.

**BRUTON**, M. J. (1979) – Introdução ao Planejamento de Transportes. Trad. João B. F. Arruda et al. Rio de Janeiro, Interciência/São Paulo, EDUSP.

**DALVI**, M. Quasim. (1978). Behavioural modelling accessibility, mobility and need: concepts and measurement. In: Hensher, D. A. & Stopher, P. R. (eds). Behavioural Travel Modelling. London: Croom Helm

**DAVIDSON**, Kenneth Bell. (1995). Accessibility and isolation in transport network evaluation. Trabalho apresentado no 7th World Conference on Transporte Research. The University of New South Wales, Sydney, Austrália.

**DOGSON**, J. S. (1974) – Motorway investment and sub-regional growth: the case of M62. *Regional Studies*, n8 p.75-91

**EBTU** (1998) – Planejamento e Operação; Elementos Intervenientes, v. 2. Empresa Brasileira dos Transportes Urbanos, Brasília, DF.

**FERRAZ**, A. C. P. (1999) – Transporte Público Urbano. EESC/USP/Editora Multicópias. Ribeirão Preto, São Francisco.

**GIANNOPOULOS**, G. A.; **BOULUGARIS**, G. A. (1989) – Definition of accessibility for railway stations and its impact on railway passenger demand. *Transportation Planning and Technology*, v.13 n.2, p. 111-120

**GOTO**, Massa (2000) – Uma Análise de Acessibilidade sob a Ótica da Equidade - O Caso da Região Metropolitana de Belém. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- HANDY**, Susan L. (1992). Regional versus local accessibility. Neo-tradicional development and its implications for non-work travel. *Built Environment*, v. 18, n.4, p. 253-267.
- HANSEN**, W. G. (1959) – How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, v.25, n.2, p.73-76.
- HANSON**, S. (1995) – Getting there: urban transportation in context. In: Hanson, S., ed *The geography of urban transportation*. New York/London, The Guilford Press., p.3-25.
- INGRAM**, D. R. (1971) – The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies*, v.5, n.2.
- JOAQUIM** F. M. (1999) – Qualidade de vida nas cidades: o aspecto de acessibilidade às atividades urbanas. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.
- JONES**, S. R. (1981) – Accessibility measures: a literature review. Transport and Road Research Laboratory. Department of Environment. Department of Transport. Laboratory Report 967.
- KOENIG**, J. G. (1980). Indicators of urban accessibility: theory and application. *Transportation Research*, v.9, n.2, p. 145 - 172.
- MORRIS**, J. M.; **DUMBLE**, P. L.; **WIGAN**, M. R. (1979) – Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research*, v.13A, n.2, p. 91-109.
- MOWFORTH**, M. R. N. (1989) – Trends in accessibility to employment in Greater London, 1971-1981. *Transportation Planning and Technology*, v.13, n.2, p.85-110.
- ORDOSGOITIA**, I. S; **RIOS**, J. D. M; **SOTO**, C. A. ÁNGEL. (2000). *Análisis de la accesibilidad vial em la región del occidente colombiano*. In: Congreso de Ingeniería del Transport, 4, Valencia - Espanha, p. 5–12.
- PIRIE**, G. H. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning A*, v.11, n.3, p. 299-312.
- RAIA Jr.**, Archimedes Azevedo (2000) – Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- RICHARDSON**, A.J. ; **YOUNG**, W (1982) – A Measure of Linked-trip Accessibility. *Transportation Planning and Technology*, v.7, n2, p.73-83
- SALES FILHO**, L. H. (1998) – *The accessibility matrix – a new approach for evaluating urban transportation networks*. Trabalho apresentado na 8th World Conference on Transportation Research, Antwerp, Belgium.
- SANTOS**, Benjamim Jorge Rodrigues do. (2005) – A Qualidade no Serviço de Transporte Público Urbano, [http://www.ucg.br/nupenge/pdf/Benjamim\\_Jorge\\_R.pdf](http://www.ucg.br/nupenge/pdf/Benjamim_Jorge_R.pdf)
- SHIMBEL**, A. (1953) – Structural parameters of communication networks. *Bulletim of Mathematical Biophysics*, v.15, p.501-507.
- TAAFFE**, E.J.; **GAUTHIER**, H.L. (1973) – *Geography of Transportation*. Foundations of Economic Geography Series. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- VAN DER WAERDEN**, P.; **BORGERS**, A.; **TIMMERMANS**, H.; **SMEETS**, J.; **SILVA**, A.N.R. (1999). *The validity of conventional accessibility measures: objective scores versus subjective evaluations*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 13, São Carlos. Anais... São Carlos, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v.1, p. 40–49.
- VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara (1996b) – Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento, Unidas.
- VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara (2000) – Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas. São Paulo: Annablume.
- VASCONCELLOS**, Eduardo Alcântara. (1996a). Transporte urbano, espaço e equidade. Análise das políticas públicas. 2ª ed. São Paulo: NetPress.
- VICKERMAN**, R.W. (1974) – Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment Planning A*, v.6, n.6, p. 675-691.