

## **PROPOSTA DE UM MODELO PARA ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE NO TRANSPORTE DE CARGAS**

**Alexandre Coelho Santos**

Mestrado em Engenharia Civil - Transportes  
Universidade Federal do Espírito Santo

**Eliana Zandonade**

Departamento de Estatística  
Universidade Federal do Espírito Santo

**Vânia Barcellos Gouvêa Campos**

Departamento de Engenharia de Transportes  
Instituto Militar de Engenharia

### **RESUMO**

Apesar de não ser recente a abordagem do tema acessibilidade como medida relevante na avaliação dos sistemas de transportes, este assunto ainda se mantém atual, pois possui aspectos ainda não devidamente explorados. É o caso específico de indicadores de acessibilidade do transporte de cargas fora do contexto urbano. Por meio de uma revisão de literatura buscou-se identificar alguns modelos de acessibilidade utilizados em outros estudos e as principais variáveis que compõem estes modelos. E a partir desta análise, considerando-se as características do transporte de cargas, propõe-se um modelo para análise da acessibilidade para este tipo de transporte.

### **ABSTRACT**

Accessibility models are very important to evaluate transportation systems. Even though, there are a lot of researches on this matter, there are many aspects which remain unexplored. Most of the accessibility indicators are related to urban transportation systems and not concerned to freight transport in a regional context. By a literature review it was identified some accessibility models used in several studies and the principal variables which compose them. Thus, starting from this analysis, considering the freight transport characteristics, a model to evaluate the accessibility in the context of regional freight transport is proposed.

### **1. INTRODUÇÃO**

Estudos sobre a utilização de medidas de acessibilidade como ferramenta na avaliação de sistemas de transportes e da interação destes com os sistemas de atividades, têm sido desenvolvidos ao longo de algumas décadas, sendo a maioria das pesquisas direcionadas ao tratamento da movimentação de pessoas em áreas urbanas.

Outros trabalhos, ainda, baseando-se numa correlação positiva entre o desempenho da infra-estrutura de transporte (ou acessibilidade regional) e níveis de indicadores econômicos, abordam o tema em nível regional. Observa-se este tratamento, principalmente, em estudos que tem como cenário a Comunidade Européia, que a partir da unificação dos mercados teve como consequência uma crescente preocupação em prover de adequada infra-estrutura as diversas regiões que a compõe, visando o melhor fluxo de serviços e mercadorias (Chisholm, 1985; Frost e Spence, 1995; Vickerman, 1996; Vickerman et al., 1997; Bruinsma e Rietveld, 1998; Gutiérrez et al., 1998).

Conforme abordado em Sanches (1996) e em Almeida e Gonçalves (2000), as medidas de acessibilidade são utilizadas como uma importante ferramenta na avaliação da acessibilidade de diferentes categorias sociais aos mais variados sistemas de atividades. Tornando-se úteis para sugestão de estratégias na modelagem da localização de facilidades, na avaliação da escolha modal em sistemas de transportes, na avaliação de níveis de serviços em alguns sistemas e na descrição de índices de equidade espacial em ambientes urbanos ou regionais.

Por meio de uma revisão de literatura, buscou-se identificar algumas medidas de acessibilidade utilizadas em outros estudos, e associando-as às características do transporte de

cargas, reuniu-se subsídios para proposta de um modelo conveniente ao transporte de cargas em nível regional.

Na seqüência são abordadas algumas características do tema acessibilidade. Em seguida são apresentadas algumas ponderações de possíveis correlações entre medidas de acessibilidade e o transporte de cargas, analisando os principais parâmetros que os compõe para então propor um modelo conveniente ao estudo em questão. Ainda são mostrados alguns resultados a partir de cenários simulados.

## 2. MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

O tema acessibilidade ocorre na literatura há bastante tempo, sendo considerado, de certa forma, intuitivo e de interpretações variadas (Arruda, 1997). Identificam-se estas características nos diversos trabalhos realizados ao longo dos anos, onde se encontra uma abrangente revisão de literatura sobre este assunto. Destacam-se trabalhos como os de Jones (1981), Pooler (1995) e Raia Jr. (2000), onde se faz uma importante abordagem histórica destacando o pioneirismo de outros autores e as diversas variações nas formulações da acessibilidade. Têm-se ainda, trabalhos como os de Hansen (1959), Ingram (1971) e Morris et al. (1979), que são importantes referências na investigação do tema.

Muitas são as variações no conceito de acessibilidade, justificadas pela diversidade de estudos realizados sobre o assunto e pelas particularidades de cada pesquisa. Raia Jr. et al. (1997), na busca por uma generalização do tema, apresentam a acessibilidade como sendo uma medida do esforço para vencer uma separação espacial, para que o indivíduo ou grupo de indivíduos possa exercer suas atividades, fazendo uso do sistema de transporte existente, de acordo com as oportunidades apresentadas.

Dentro do objetivo deste trabalho considera-se que uma empresa que deseja distribuir a sua carga pode ser considerada como um indivíduo no contexto regional.

Observa-se, na literatura, uma grande variedade de modelos de acessibilidade, convenientemente modelados para cada situação, sofrendo os mais diversos arranjos em suas formulações com o intuito de obter o melhor desempenho dos mesmos. Os principais componentes considerados na composição destes modelos, são: separação espacial, função impedância, atratividade dos destinos e ainda um elemento relativo ao comportamento dos usuários. No Quadro 1 pode-se verificar alguns modelos de acessibilidade encontrados na literatura.

**Quadro 1:** Exemplos de modelos de acessibilidade utilizados em outros estudos

Autor	Formulação	Variáveis
Ingram (1971)	$A_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad A_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n}$	$a_{ij}$ - acessibilidade relativa entre um par de pontos i e j (dada por alguma função de impedância). $n$ - numero de localizações existentes dentro da área de estudo. $d_{ij}$ - distância em linha reta entre as localidades i e j.
Allen et al. (1993)	$A_i = \frac{I}{n - 1} \sum_{j=1}^n a_{ij}$	$n$ - numero de localizações existentes dentro da área de estudo. $a_{ij}$ - tempo de viagem entre as zonas i e j.

Frost e Spence (1995)	$P_i = \sum_j \frac{M_j}{C_{ij}^a}$	$P_i$ - potencial econômico da zona $i$ . $M_j$ - medida de atratividade da zona $j$ . $C_{ij}$ - custos do transporte entre as zonas $i$ e $j$ . $a$ - expoente freqüentemente assumido igual a 1.
Januário (1995)	$A_i = \sum_{j=1}^n L_{ij} f(c_{ij})$	$A_i$ - acessibilidade da zona $i$ em relação às demais zonas de destino $L_{ij}$ - oferta de lugares no transporte público entre as zonas $i$ e $j$ $n$ - número de nós da rede $f(c_{ij})$ - função impedância do tipo potência inversa
Sanches (1996)	$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n W_j f(c_{ij})}{\sum_{j=1}^n W_j}$	$W_j$ - número de empregos na zona $j$ . $f(c_{ij})$ - $\exp(\beta.t_{ij})$ , com $\beta = 0.11$ $t_{ij}$ - tempo de viagem entre as zonas $i$ e $j$ . $n$ = número de zonas.
Raia Jr. et al. (1997)	$A_i = \sum_j Dens_j \times (Dist_{ij})^\alpha$	$A_i$ - acessibilidade da zona $i$ ; $Dens_j$ - densidade populacional em $j$ ; $Dist_{ij}$ - distância entre os centróides das quadras $i$ e $j$ através do sistema viário; e $\alpha$ - expoente da função potência.
Gutiérrez et al. (1998)	$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{N_{ij}}{E_{ij}} M_j}{\sum_{j=1}^n M_j}$	$A_i$ - acessibilidade do nó $i$ ; $N_{ij}$ - impedância da rede entre o nó $i$ e o centro de atividade de destino $j$ ; $E_{ij}$ - distância Euclidiana entre os dois pontos $M_j$ - renda do destino $j$ .
Almeida e Gonçalves (2000)	$A_i = \frac{\sum_j D_j \cdot \exp(-\lambda C_{ij} + \beta U_{ij})}{\sum_j D_j}$	$C_{ij}$ - tempo de viagem entre as zonas $i$ e $j$ . $D_j$ - número de vagas das escolas da zona $j$ . $U_{ij}$ - utilidade das escolas da zona $j$ para usuários da zona $i$ . $\lambda, \beta$ são parâmetros obtidos por calibração do modelo.
Sanches e Ferreira (2003)	$A_i = \frac{T_{i \hat{o}nibus}}{T_{i min}}$	$A_i$ - nível de acessibilidade dos alunos residentes na propriedade $i$ ; $T_{i \hat{o}nibus}$ - tempo de viagem entre a propriedade $i$ e as escolas (veículo escolar); $T_{i min}$ - tempo de viagem entre a propriedade $i$ e as escolas pelo caminho mínimo (igual a automóvel)

### 3. ACESSIBILIDADE SOB A ÓTICA DO TRANSPORTE DE CARGAS

Na formulação de uma medida de acessibilidade são utilizadas algumas componentes, que podem aparecer isoladamente, representando a própria medida, ou ainda, como uma combinação entre as mesmas.

De uma maneira geral, na busca por uma adequação ao transporte de cargas, as variáveis comumente encontradas nos modelos, possivelmente poderiam ser adaptadas ao estudo em

questão. Assim, com relação a componente separação espacial, grandezas como o tempo, custo e distância, também podem ser consideradas na avaliação do deslocamento da carga.

No entanto, considerações relacionadas ao tipo da carga e à modalidade utilizada no transporte, poderiam ser importantes. Toma-se como exemplo, o tempo, que pode se tornar um fator limitante de grande relevância na consideração de determinadas mercadorias. É o caso dos produtos hortifrutigranjeiros, que possuem uma alta perecibilidade, resultando em estoques de giro rápido e agilidade nas operações de transporte e armazenagem, conforme abordado em Pereira et al. (2002). Ou ainda, em empresas que adotam estratégias de baixos níveis de estoque visando a redução de custos com armazenagem.

Por outro lado quando se considera a otimização de custos, ocasionada pela utilização de uma modalidade para transporte de determinados carregamentos, o tempo pode se tornar um fator secundário. Neste caso, a acessibilidade poderia ser avaliada no contexto de uma rede multimodal de cargas, identificando a eficiência de cada opção modal disponível ou avaliando a concorrência entre regiões de destino da carga.

Conforme abordado por Kawamoto (1999), no transporte de cargas, existe uma predominância dos custos monetários, diferentemente do que ocorre no transporte de passageiros, em que os chamados custos subjetivos, tais como tempo de viagem, conforto, segurança, dentre outros, se sobressaem. O autor argumenta a ocorrência deste fato, no transporte de cargas, devido à maioria das variáveis poderem ser associadas ao custo monetário, e porque os próprios usuários têm esta prática. Consequência da grande soma de recursos que normalmente envolve o transporte de cargas.

Numa abordagem diferente, em que se busca neutralizar o efeito da localização geográfica, Gutierrez et al. (1998) avaliam o transporte de passageiros dentro do território espanhol por rodovias e ferrovias em termos da eficiência da rede, através da relação impedância da rede e distância Euclidiana. Com a proposição deste modelo os autores argumentam que não necessariamente localidades mais afastadas dos destinos terão baixa acessibilidade.

Para representação da impedância por rodovias, os autores utilizaram a influência de variáveis como a qualidade da infra-estrutura e o tráfego, no tempo de deslocamento. Os valores relacionados com a qualidade da infra-estrutura variam conforme o tipo de via utilizada, e o de tráfego baseia-se no volume médio diário e no percentual de veículos pesados que trafegam pelas vias.

Adaptações à movimentação da carga seriam necessárias no que se refere ao tipo da via utilizada para o escoamento, que depende das características encontradas na área de estudo considerada. Quanto às características do tráfego, dados levantados sobre a movimentação na área estudada poderiam ser utilizados sem maiores considerações.

No tratamento da acessibilidade pelo modal ferroviário, Gutierrez et al. (1998) selecionaram variáveis relacionadas com a quantidade de linhas utilizáveis, capacidade diária das linhas utilizadas, frequência de trens e tempo de viagem, o que seria possível transferir ao estudo de movimentação da carga.

Também abordando a neutralização do efeito de localização geográfica, cita-se o trabalho de Sanches e Ferreira (2003), onde é feita uma avaliação do acesso das rotas dos alunos da área rural às escolas da área urbana, fazendo uso da relação entre o tempo de viagem do veículo de

transporte escolar rural e o tempo de viagem pelo caminho mínimo. Os autores avaliam a acessibilidade em função do desempenho das rotas utilizadas no transporte dos alunos, o que poderia ser adaptado ao transporte de mercadorias.

Quanto a componente atratividade do destino, existe certa flexibilidade na escolha da medida de atratividade do destino da carga, tendo em vista a variedade de medidas encontradas na literatura e as particularidades dos estudos realizados.

Analisando a atratividade, as ponderações sobre a carga transportada orientam-se em dois sentidos. Em uma primeira abordagem faz-se referência à carga destinada ao mercado interno, cujas opções de destino podem variar entre centros consumidores, indústrias de transformação e centrais de distribuição, dentre outros. Neste sentido, as possíveis variáveis a serem consideradas poderiam ser do tipo: Produto Interno Bruto da região de destino (PIB), renda média, densidade de indústrias, capacidade produtiva, capacidade de armazenagem, demanda, dentre outras.

Outra reflexão seria com relação à carga destinada ao mercado externo. Desta maneira, como destino da carga no território nacional, consideram-se principalmente os terminais de embarque da mercadoria a ser exportada, como portos, por exemplo. Assim, variáveis importantes seriam aquelas relacionadas com o ambiente dos terminais, como: custos operacionais, capacidade de armazenagem, frequência de veículos, capacidade operacional, nível de segurança, demanda, dentre outras.

A componente comportamental é um parâmetro que depende do sistema de atividades a ser analisado. Faz-se necessário um levantamento da percepção dos usuários dos sistemas de atividades considerados mediante determinadas situações, que viriam a influenciar suas decisões.

Pesquisas deste tipo enriqueceriam o modelo de acessibilidade devido à avaliação efetiva dos sistemas considerados, não somente a existência do potencial de acesso, conforme abordado em Morris et al. (1979). Porém, deve-se ressaltar que pesquisas de opinião demandam tempo e recursos para sua realização, o que pode torná-las inviáveis, dependendo do estudo desenvolvido.

A componente função impedância agrega ao modelo o efeito da separação espacial entre os pontos de origem e destino, refletindo a facilidade e/ou dificuldade de deslocamento entre as localidades. Assim como nos demais estudos sobre acessibilidade, para a movimentação da carga, também não existem justificativas mais apropriadas para a escolha da função impedância. Têm-se assim, as principais opções encontradas na revisão sobre acessibilidade, dentre elas: a função potência e a função exponencial.

#### **4. MODELO PROPOSTO PARA ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE PARA O TRANSPORTE DE CARGAS**

A partir das análises dos modelos de acessibilidade e considerando as características do transporte de cargas, apresenta-se uma proposta de um modelo de análise de acessibilidade para o transporte de cargas, em nível regional. Precede à apresentação do modelo a identificação dos parâmetros considerados na composição do mesmo, assim como as ponderações que orientaram a escolha destes parâmetros e das variáveis utilizadas.

Considerando que a acessibilidade no transporte de carga é analisada sob a ótica de um pólo produtor, a componente atratividade entra em sua composição a partir da consideração de uma variável que incorpora a demanda ( $D_j$ ) pelo produto, no destino ( $j$ ) da viagem. Com isto, supõe-se que, para ocorrer um fluxo de carga a partir de determinado pólo produtor ( $i$ ), deva existir uma demanda por esta mercadoria em algum destino. Ocorre também, o fato desta variável servir tanto aos fluxos direcionados ao mercado interno quanto externo, e também flexibiliza sua utilização para os diferentes tipos de carregamentos.

Com base no conceito de neutralização do efeito da localização geográfica, a componente relacionada com o sistema de transporte é inserida no modelo com a função de avaliar a eficiência da rede de transporte e a configuração das facilidades consideradas na área em estudo, considerando as diferentes opções de rotas existentes. É representada pela relação entre o tempo de viagem praticado pelo transportador entre origem e destino ( $T_{ij}$ ) e o tempo estimado de viagem ( $t_{ij}$ ) numa determinada rota.

O conceito de neutralização da influência da localização espacial torna-se interessante no tratamento da movimentação da carga em nível regional, tendo em vista que existe o desejo de disponibilizar a carga nos diferentes mercados, independentemente dos centros produtores estarem localizados em regiões mais afastadas dos destinos ou não. Assim, a interação, entre a região produtora e o destino da carga, é avaliada em termos do desempenho da rota de transporte utilizada, indicando que não necessariamente um local mais afastado terá sua acessibilidade reduzida.

Um elemento relacionado às opções de transporte da carga é inserido no modelo a partir da consideração do número de rotas existentes entre origem e destino ( $r_{ij}$ ). Considera-se ainda, um parâmetro ( $\alpha_{ij}$ ) que pondera o número de opções modais em função da relação entre a menor ( $C_{min, ij}$ ) e a maior ( $C_{max, ij}$ ) tarifa de transporte dentre as diferentes possibilidades de transporte.

A consideração do parâmetro  $\alpha$ , visa ponderar o efeito da possibilidade de mais de uma opção de rotas de transporte, entre origem e destino, no resultado do modelo de acessibilidade. Desta forma, para determinado par origem/destino, o fato de existir mais de uma opção de rotas de transporte interligando-os, pode não ser uma vantagem na medida em que se aumenta a diferença entre as tarifas de transporte mínima e máxima. Ou seja, uma rota de transporte com uma tarifa muito alta em relação a outra deve ter uma menor influência na medida de acessibilidade.

Assim, a partir das considerações acima, propõe-se a seguinte formulação do modelo de acessibilidade:

$$A_{ij} = \frac{\frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j}}{\frac{\sum_{ij} \frac{T_{ij}}{t_{ij}}}{r_{ij}}} \cdot \alpha_{ij} \quad (1)$$

Onde:

$A_{ij}$ : acessibilidade relativa entre  $i$  e  $j$ ;

$D_j$ : demanda pela carga no destino  $j$ ;  
 $r_{ij}$ : número de rotas de transporte entre  $i$  e  $j$ ;  
 $T_{ij}$ : tempo praticado pelo transportador no transporte da carga entre  $i$  e  $j$ ;  
 $t_{ij}$ : tempo estimado para o transporte da carga entre  $i$  e  $j$ , considerando boas condições;  
 $\alpha_{ij}$ : parâmetro que pondera o valor de  $r_{ij}$  entre  $i$  e  $j$ , obtido a partir da função:

$$R = I + r_{ij} \cdot \frac{C_{\min, ij}}{C_{\max, ij}} \quad (2)$$

em que:

$C_{\min, ij}$ : tarifa mínima considerada entre as opções de rotas disponíveis para o transporte da carga de  $i$  para  $j$ ; e

$C_{\max, ij}$ : tarifa máxima considerada entre as opções de rotas disponíveis para o transporte da carga de  $i$  para  $j$ .

Para evitar algumas distorções nos valores de  $\alpha_{ij}$  em função do número de rotas consideradas  $r_{ij}$ , adotou-se as seguintes restrições:

$$\alpha = r_{ij}; \text{ se } R > r_{ij}$$

$$\alpha = R; \text{ se } R \leq r_{ij}$$

Para situações em que  $r_{ij} > 2$  faz-se a seguinte análise:

Se  $R < (r_{ij} - 1)$ ; elimina-se a rota de maior tarifa e calcula-se a expressão seguinte até a obtenção de valores satisfatórios, conforme as restrições adotadas para  $\alpha$ :

$$R = I + (r_{ij} - 1) \cdot \frac{C_{\min, ij}}{C_{\max, ij}} \quad (3)$$

Com esta análise tenta-se evitar que rotas de transporte com tarifas muito elevadas influenciem negativamente o resultado da acessibilidade, penalizando as demais opções de transporte para determinado par origem/destino analisado.

## 6. AVALIAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Com o intuito de se avaliar o modelo proposto foram elaborados alguns cenários simulados a partir da variação dos parâmetros que o compõem.

Inicialmente, as análises foram feitas considerando uma configuração de rede mais simples, com uma origem e um destino, variando algumas opções de tempo de viagem, tarifa de viagem e o número de opções de rotas de transporte disponíveis. E posteriormente, considerou-se a variação do número de destinos, e, por conseguinte, a variação da demanda conforme o destino da carga.

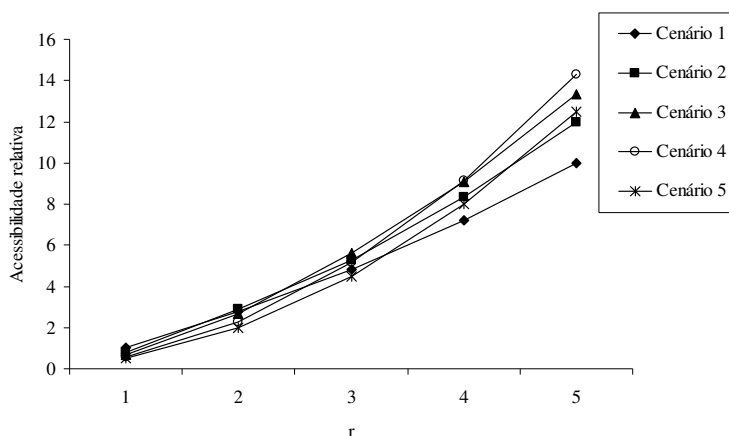
Para cada situação proposta fez-se variar, conforme dito anteriormente, uma das variáveis componentes, mantendo as demais fixas. Desta forma, as situações propostas são: variação do número de rotas de transporte (cenários de 1 a 5), variação dos tempos de viagem (cenários de 6 a 10), variação das tarifas de viagem (cenários de 11 a 15) e variação do número de destinos, isto é, variação da demanda (cenários de 16 a 20). O Quadro 2 a seguir apresenta todos os valores assumidos para as variáveis componentes em cada cenário.

**Quadro 2:** Valores considerados para composição dos cenários simulados

Cenários	$r_{ij}$	$(T_{ij} / t_{ij}) / r_{ij}$	$C_{min, ij} / C_{max, ij}$	$D_i / \Sigma D_i$
1	1; 2; 3; 4; 5	1	0,20	1
2	1; 2; 3; 4; 5	1,25	0,40	1
3	1; 2; 3; 4; 5	1,50	0,60	1
4	1; 2; 3; 4; 5	1,75	0,80	1
5	1; 2; 3; 4; 5	2,00	1,00	1
6	1	1; 1,25; 1,50; 1,75; 2	1,00	1
7	2	1; 1,25; 1,50; 1,75; 2	0,40	1
8	3	1; 1,25; 1,50; 1,75; 2	0,60	1
9	4	1; 1,25; 1,50; 1,75; 2	0,80	1
10	5	1; 1,25; 1,50; 1,75; 2	1,00	1
11	1	1	1	1
12	2	1,25	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1	1
13	3	1,50	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1	1
14	4	1,75	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1	1
15	5	2,00	0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1	1
16	1	1	1	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9
17	2	1,25	0,40	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9
18	3	1,50	0,60	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9
19	4	1,75	0,80	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9
20	5	2,00	1,00	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9

Estas situações podem ser visualizadas através dos gráficos das Figuras 1, 2, 3 e 4, onde se observam as tendências de comportamento do modelo conforme os cenários simulados.

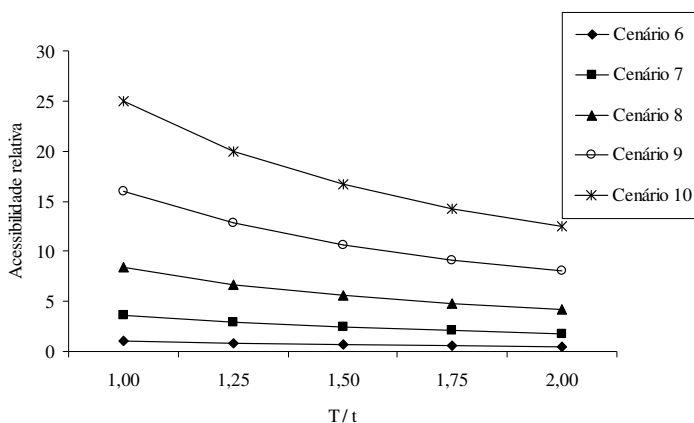
Observando o gráfico da Figura 1, nota-se uma correlação positiva entre a quantidade de opções de rotas existente, entre um par origem / destino, e os valores encontrados para a acessibilidade. Desta forma, se verifica uma tendência de aumento da acessibilidade conforme o aumento do número de opções de transporte disponíveis para o deslocamento da carga. Atendendo assim, a proposta do modelo de valorizar a quantidade de rotas existentes.



**Figura 1:** Comportamento do modelo conforme variação do número de rotas.

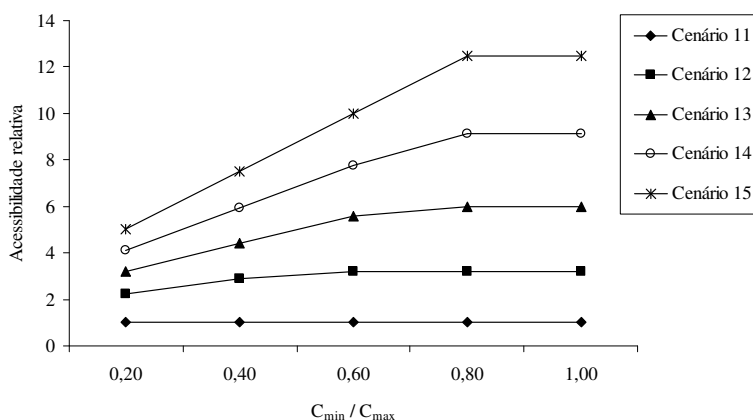


Analisando os resultados apresentados na Figura 2 pode-se observar um decaimento dos valores de  $A_{ij}$  em relação à variação do tempo. Demonstrando que quanto maior a diferença entre os tempos de viagem menor é o valor obtido para a acessibilidade, ou seja, quanto mais eficiente for a rede utilizada para o transporte da carga, melhor será o valor da acessibilidade. Ocorrendo quando os tempos de viagem, praticado e estimado, forem próximos.



**Figura 2:** Comportamento do modelo conforme variação da componente eficiência da rede.

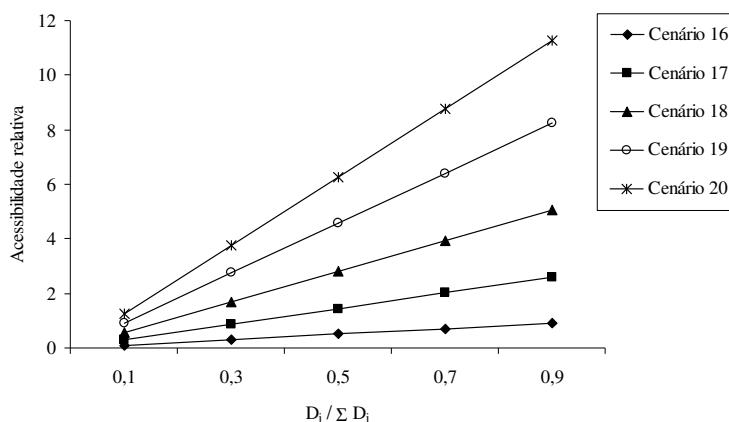
A variação da tarifa tem influência direta no parâmetro alfa, que pondera a condição de se ter mais de uma opção transporte para o escoamento da carga. A Figura 3 mostra a variação dos valores da acessibilidade em função das tarifas de transporte simuladas. Quanto mais próxima da unidade estiver, a relação entre as tarifas, maior será o peso do número de rotas no modelo e conseqüentemente mais elevado será o valor da acessibilidade.



**Figura 3:** Comportamento do modelo conforme variação das tarifas.

Observa-se ainda, através da Figura 3, que no Cenário 11 não há variação nos valores da acessibilidade. Fato este, explicado pela condição de se ter uma única opção de rota para o escoamento da carga, conforme composição do cenário. Neste contexto, a variação das tarifas não influenciará no resultado da acessibilidade, de acordo com as restrições adotadas para o parâmetro alfa, comentadas anteriormente. Ocorrem também, nos casos de variação do número de opções de transporte, em que a partir de determinados valores de tarifas, o valor da acessibilidade tende a se manter constante.

As situações apresentadas anteriormente são associadas a apenas uma opção de destino. A consideração de mais de um destino pode implicar numa variação da demanda conforme o destino e conseqüentemente no resultado final da acessibilidade, como pode ser verificado pela Figura 4. A medida em que ocorre um acréscimo na demanda de um dado destino ( $j$ ), a acessibilidade acompanha este crescimento. Ou seja, quanto maior a atratividade de um determinado destino, maior será seu peso na interação com a origem da carga.



**Figura 4:** Comportamento do modelo conforme variação do número de destinos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do modelo em questão se norteia principalmente pelas características do transporte de cargas, das principais restrições operacionais e da necessidade de se buscar ferramentas que possam vir a contribuir com os tomadores de decisões na avaliação de propostas de intervenção na estrutura do sistema em estudo, considerando as atividades e a estrutura de transportes existentes.

Neste sentido, entende-se que a proposição de um modelo adequado ao transporte de cargas deva servir à avaliação das diferentes opções de transporte disponíveis e representar de alguma forma as condições da infra-estrutura existente, independentemente do destino da carga. Possibilitando a análise da equidade espacial da região analisada.

Considera-se que a análise do comportamento do modelo para diferentes cenários possibilitou verificar que seus resultados estão coerentes com o conceito de acessibilidade, ou seja, de quanto maior a facilidade de transporte e a atratividade do destino, maior é a acessibilidade de um pólo produtor, no caso do transporte de cargas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, W. B.; D. Liu e S. Singer (1993) Accessibility measures of U.S. metropolitan areas. *Transportation Research B*, v. 27B, n. 6, p. 439-449.
- Almeida, L. M. W. e M. B. Gonçalves (2000) Determinação de Índices de Acessibilidade a Serviços Escolares. *Anais do XI Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, PANAM, Gramado, p. 453-465.
- Bruinsma, F. e P. Rietveld (1998) The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. *Environment and Planning A*, v. 30, p. 421-427.
- Chisholm, M. (1985) Accessibility and Regional Development in Britain: Some Questions Arising from Data on Freight Flows. *Environment and Planning A*, v. 17, p. 963-980.
- Frost, M. E. e N.A. Spence (1995) The Rediscovery of Accessibility and Economic Potential: the Critical Issue of Self-Potential. *Environment and Planning A*, v. 27, p. 1833-1848.
- Gutiérrez, J.; A. Monzón e J. M. Piñero (1998) Accessibility, Network Efficiency and Transport Infrastructure Planning. *Environment and Planning A*, v. 30, p. 1337-1350.
- Ingram, D. R. (1971) The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form. *Regional Studies*, v. 5, p. 101-107.
- Januário, M. R. (1995) *Procedimento para determinação de índices de acessibilidade de transporte e tratamento cartográfico dos mesmos*. Dissertação (Mestrado) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro - RJ.
- Jones, S. R. (1981) Accessibility Measures: A Literature Review. *Transport and Road Research Laboratory*, Department of the Environment, Department of transport. Laboratory Report 967, p. 1-38.
- Kawamoto, E. (1999) *Análise de Sistemas de Transporte*, São Carlos.
- Morris, J. M.; P. L. Dumble e M. R. Wigan (1979) Accessibility Indicators for Transport Planning. *Transportation Research A*, v. 13A, p. 91-109.
- Pereira, G. S.; M. I. Fae; R. A. P. Silva e A. C. Santos (2002) Planejamento Logístico de Centro de Distribuição de Produtos Hortifrutigranjeiros. *Anais do XII Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transporte*, PANAM, Quito-Ecuador. CD-Rom.
- Pooler, J. A. (1995) The Use of Spatial Separation in the Measurement of Transportation Accessibility. *Transportation Research A*, v. 29A, n. 6, p. 421-427.
- Raia Jr, A. A. (2000) *Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas*. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos - SP.
- Raia Jr, A. A.; A. N. R. Silva e N. C. M. Brondino (1997) Comparação entre Medidas de Acessibilidade para Aplicação em Cidades Brasileiras de Médio Porte. *Anais do XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, v. 2, p. 997 - 1008.
- Sanches, S. P. (1996) Acessibilidade: Um Indicador do Desempenho dos Sistemas de Transporte nas Cidades. *Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Brasília, v. 1, p. 199 - 208.
- Sanches, S. P. e M. A. G. Ferreira (2003) Avaliação do Padrão de Acessibilidade em Um Sistema de Transporte de Alunos da Zona Rural. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, v. 2, p. 931 - 942.
- Vickerman, R. (1996) Location, Accessibility and Regional Development: The Appraisal of Trans-European Networks. *Transport Policy*, v. 2, n. 4, p. 225-234.
- Vickerman, R.; K. Spiekermann e M. Wegener (1997) Accessibility and Economic Development in Europe. *Regional Studies*, v. 33, n. 1, p. 1 - 15.

---

Alexandre Coelho Santos ([alexandrecoelhosantos@yahoo.com.br](mailto:alexandrecoelhosantos@yahoo.com.br), [alecsantos@yahoo.com.br](mailto:alecsantos@yahoo.com.br))

Eliana Zandonade ([elianaz@cce.ufes.br](mailto:elianaz@cce.ufes.br))

Mestrado em Engenharia Civil – Transportes, Universidade Federal do Espírito Santo.  
Avenida Fernando Ferrari, s/n – Vitória, Brasil.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos ([vania@ime.eb.br](mailto:vania@ime.eb.br))

Departamento de Engenharia de Transportes, Instituto Militar de Engenharia.  
Praça General Tibúrcio, 80 – Rio de Janeiro, Brasil.

## Capítulo 11

### *Planejamento do transporte Rodoviário*

