



TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO  
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA

**ESPECIALIZAÇÃO EM CONTROLE DA REGULAÇÃO**

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MENSURAÇÃO DOS  
BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA IMPLANTAÇÃO DE  
INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE:  
MODAIS AÉREO E TERRESTRE**

Leonardo Moreira Figueira

Orientador: Luciano dos Santos Danni

Brasília – DF



TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO  
INSTITUTO SERZEDELLO CORRÊA

**ESPECIALIZAÇÃO EM CONTROLE DA REGULAÇÃO**

**PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA MENSURAÇÃO DOS  
BENEFÍCIOS ECONÔMICOS DA IMPLANTAÇÃO DE  
INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE:  
MODAIS AÉREO E TERRESTRE**

Leonardo Moreira Figueira

Orientador: Luciano dos Santos Danni

Artigo apresentado ao Instituto Serzedello  
Corrêa – ISC/TCU, como requisito parcial à  
obtenção do grau de Especialista em  
Controle da Regulação.

Brasília – DF  
2011

## RESUMO

Os investimentos em transporte público têm como meta o aprimoramento do acesso entre as localidades a serem interligadas. A maior mobilidade resulta em intensificação das transações econômicas – contratos celebrados, empregos gerados, investimentos viabilizados. Observa-se, assim, que a implantação desse tipo de infraestrutura ocasiona custos e benefícios privados – representados, respectivamente, pelas despesas e receitas daquele que explora a instalação (e.g. uma empresa concessionária) – e também custos e benefícios alheios às partes contratantes, designados externalidades. Ao contrário do que vem ocorrendo com as externalidades negativas – tais como o *footprint* ambiental e o reassentamento de populações vulneráveis –, a precificação das externalidades positivas da implantação de infraestrutura de transporte permanece parcialmente negligenciada quando da análise de viabilidade realizada em relação a essas iniciativas. Percebe-se, adicionalmente, que os principais métodos empregados para medir aqueles benefícios – as “regras de bolso” e o tratamento individualizado de cada externalidade – incorrem em incompletudes, arbitrariedades e sobreposições. Propomos, então, uma metodologia fundamentada na análise de regressão espacial, de forma adaptada a representar novos padrões de interação advindos da interconexão de unidades geográficas mediante o modal rodoviário, ferroviário e aéreo.

**Palavras-chave:** Transportes, Econometria Espacial, Modelo Espacial Autorregressivo, Setor Ferroviário, Setor Aéreo

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1 – Infraestrutura de transporte: uma contextualização.....                              | 1  |
| 2 – Breve investigação sobre os benefícios econômicos do transporte intermunicipal ..... | 4  |
| 3 – Alternativas para mensuração dos benefícios das iniciativas de transporte.....       | 9  |
| 3.1 – Algumas técnicas de avaliação disponíveis.....                                     | 9  |
| 3.2 – O caso brasileiro: a taxa interna de retorno e suas limitações .....               | 14 |
| 3.3 – Quantificando interdependências regionais: o modelo de regressão espacial.....     | 17 |
| 3.4 – Adaptações do modelo espacial para a infraestrutura de transporte .....            | 24 |
| 4 - O desenvolvimento sobre trilhos: estimando os benefícios do modal ferroviário.....   | 30 |
| 5 – Modal aéreo: quantificando os ganhos em um espaço reticular.....                     | 34 |
| 6 – Considerações finais .....   | 38 |
| Notas .....  | 40 |
| Referências .....  | 46 |

## **Mensuração dos Benefícios Econômicos da Implantação de Infraestrutura de Transporte: propostas para os modais aéreo e de superfície**

### **1 – Infraestrutura de transporte: uma contextualização**

A estagnação e o contexto hiperinflacionário que caracterizaram a economia brasileira a partir da década de 1980 interromperam em grande parte os investimentos em infraestrutura necessários ao pleno desenvolvimento do país<sup>1</sup>. Entretanto, com a estabilidade econômica conquistada ao cabo da década de 1990 e inaugurado arcabouço normativo viabilizador da participação privada em setores até então operados tradicionalmente pelo poder público, tais investimentos puderam enfim ser retomados.

Desde então, o Estado tem inaugurado relevantes instalações, quer por provisão direta, quer mediante parceria com particulares, sob a forma de concessões precedidas da execução de obras públicas, conforme autorizado pela Lei 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. De fato, a reforma levada a efeito justifica-se ante a constatação de que a insuficiência de iniciativas na área de transporte limita o desenvolvimento e a competitividade do país, conforme disserta Guasch (2004: 2):

“Reformas para aprimorar e estender a infraestrutura também têm sido fomentadas pela percepção, nos países em desenvolvimento, de que o grau e a qualidade da infraestrutura têm um imenso efeito no crescimento econômico e na mitigação da pobreza, e que o nível e a qualidade atuais de sua infraestrutura são inadequados. A infraestrutura é fator crítico para a produção de bens e serviços e afeta significativamente a produtividade, os custos e a competitividade da economia. Políticas públicas de provisão de infraestrutura repercutem por toda a economia – enquanto serviços ruins frequentemente limitam a competitividade [do país] em outros mercados.

Inúmeros estudos – incluindo os de Calderon, Easterly, e Serven (2003a, b); Calderon e Serven (2003); Canning (1998); Reinikka e Svensson (1999); e do Banco Mundial (1994) – ilustram o impacto da infraestrutura no crescimento econômico. Um aumento de 1% no nível de um único tipo infraestrutura do país [e.g. telecomunicações, transporte etc.] (...) pode incrementar o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) em 0,2 pontos percentuais.”<sup>2</sup>

Considerando a multiplicidade de iniciativas necessárias à superação do gargalo infraestrutural, o processo de seleção e priorização de projetos (escolha pública) reveste-se de especial complexidade. Não é sem razão que Cohen, March, Olsen (1972), ao formular a clássica

teoria da *garbage can*, ressalta o aspecto frequentemente caótico da escolha pública, face à diversidade de variáveis envolvidas (*multiple streams*)<sup>3</sup>.

Se tal realidade condiz com a situação das políticas públicas em geral, idênticas considerações se aplicam às políticas de transporte, cuja definição tomamos de empréstimo a Strohl (1993: 36):

“Trata-se do sistema de planejamento (ou plano-mestre) de transporte, devidamente pactuado e registrado, para um país, para uma área geográfica maior (tal como a Europa) ou para alguma subdivisão nacional interna. A política pública e o planejamento [de transporte] abarcam todos os modais de transporte, tanto de carga quanto de passageiro.”<sup>4-5</sup>

O dimensionamento quantitativo dos requisitos e resultados dessas políticas de transporte – é dizer, de seus custos de implantação e do retorno dela proveniente – revelam-se essenciais para uma análise objetiva da eficiência, economicidade e legitimidade do investimento público. Com efeito, as tradicionais técnicas de avaliação de projetos – análise de custo-benefício, de custo-efetividade, de taxas de retorno – pressupõem a precificação das variáveis consideradas.

Os custos envolvidos na implantação de infraestrutura de transporte referem-se precipuamente às intervenções representadas pelas obras civis e à mitigação e compensação dos impactos ambientais delas decorrentes. A mensuração desses custos conta com metodologias consolidadas e bancos de dados oficiais<sup>6</sup>, sendo de estimativa relativamente direta.

O contrário ocorre em relação aos respectivos benefícios, cuja previsão também se revela primordial para determinar a viabilidade e o dimensionamento da infraestrutura, entre outros aspectos do projeto. Sobre os passos a se percorrer no momento de se formular nova política de transporte, Strohl (1993: 37) comenta que:

“Uma previsão do aumento do tráfego deveria então levar ao cálculo das vantagens econômicas totais esperadas. Assim, o objetivo é estimar o balanço econômico e financeiro e a taxa da rentabilidade do investimento (...) Foram-se os dias em que simplesmente se estimavam os investimentos financeiros, os custos futuros e os lucros do empreendedor.”<sup>7</sup>(grifamos)

Em sentido oposto ao que observa Strohl na passagem acima, verifica-se que as políticas de transporte brasileiras enfatizam o investimento financeiro envolvido, também estimando, quando realizadas mediante concessão, custos incorridos e lucros auferidos pelo particular.

Omitem-se, contudo, quanto à medição de quaisquer outros benefícios econômicos justificadores da empreitada, o que ocasiona consequências prejudiciais ao nível de sua provisão.

Passando ao largo de uma discussão mais aprofundada em termos de seus reais ganhos – geralmente invocando vantagens de cunho inespecífico, qualitativas –, raramente os benefícios argüidos (comodidade, rapidez etc.) são traduzidos em expressão monetária, impossibilitando sua comparação com os custos a serem incorridos no empreendimento e com potenciais projetos alternativos.

Nesse contexto, vislumbra-se situação em que nem mesmo é possível verificar se as vantagens econômicas do projeto, objetivamente consideradas, superam os investimentos necessários para sua concretização, o que prejudica criticamente a transparência dessas iniciativas.

Incorporar a análise dos benefícios das políticas de transporte à atuação dos órgãos públicos e à prática auditorial – mesmo considerando seu resultado como indicativo, em virtude dos aspectos não-econômicos (contingências políticas, repercussão social etc.) – significaria um desejável avanço do ponto-de-vista da *accountability* dessas políticas.

Assim, esse trabalho propõe meios de se mensurar os benefícios da implantação de infraestrutura logística e de passageiros, tais como novas ferrovias e aeródromos. Conforme se verá, tais benefícios relacionam-se com a integração territorial fomentada pela política de transportes, o que remete ao problema da forma pela qual a influência regional deve ser tratada no cálculo dos benefícios econômicos estimados.

A discussão acerca da natureza e das possibilidades de mensuração desses benefícios, culminando com a proposta de uma metodologia adaptada para os modais aéreo e ferroviário, constitui o escopo do presente artigo, o qual se segmenta em seis seções – a primeira das quais sendo esta introdução.

Na seção seguinte, o transporte intermunicipal e suas implicações são examinados sobre sob o prisma econômico. A terceira seção discute técnicas consagradas para quantificação dos ganhos advindos do transporte, analisa o cenário federal brasileiro e propugna a adoção de uma metodologia específica adaptada.

A quarta e a quinta seções discorrem sobre a forma pela qual a metodologia proposta pode ser aplicada, respectivamente, aos modais ferroviário e aéreo. Fornecendo uma visão teórica dessa aplicação, os projetos do trem de alta velocidade entre o Rio de Janeiro e Campinas (TAV) e o Aeroporto de São Gonçalo do Amarante (ASGA) ilustram o modelo relativamente a cada modal. A seção subsequente encerra este trabalho apontando para desenvolvimentos futuros dentro da linha de pesquisa.

## 2 – Breve investigação sobre os benefícios econômicos do transporte intermunicipal

Antes de iniciar a pesquisa acerca das técnicas de mensuração dos benefícios da infraestrutura de transporte, convém examinar a natureza do fenômeno em si, já que é de se esperar que esse fator condicione a escolha das variáveis relevantes para os modelos de medição.

De uma perspectiva puramente técnico-objetiva, observa-se que o espaço geográfico não se comporta como um plano cartesiano, uma vez que apresenta elementos e obstáculos que tornam o deslocamento para certas **direções** mais ou menos dificultoso do que para outras, partindo-se do mesmo ponto. A esse fenômeno denomina-se **anisotropia**, e pode-se concebê-lo facilmente comparando a dificuldade de se tráfegar por uma região montanhosa em relação a se percorrer um curso fluvial.

Pode-se constatar que a introdução de infraestrutura de transporte no meio natural tende a alterar significativamente a anisotropia, acentuando-a (instalação de portos fluviais) ou mitigando-a (ferrovia em regiões remotas ou inóspitas), seja qual for o modal implantado. Por modal de transporte, referimo-nos à definição de Strohl (1993: 39):

“Modal é o termo genérico para um tipo ou método de transporte entre cidades (mais especificamente, de transporte internodal). Os modais são: hidroviário, rodoviário (com o uso de veículos a motor), ferroviário, aeroviário e dutoviário.”<sup>8</sup>

Dessa forma, a infraestrutura de transporte ou reforça ou relativiza a **direção preferencial de conexão**<sup>9</sup> existente no respectivo corredor de transporte, promovendo efeito prático semelhante à “aproximação” ou “encurtamento da distância” entre os centros urbanos a serem atendidos.

Como fenômeno humano, o transporte público pode ser assim definido e exemplificado: “O transporte público (também chamado de transporte de massa) inclui vários serviços que proveem mobilidade ao público em veículos compartilhados, abrangendo desde o compartilhamento de táxis e vans até os ônibus e trens intermunicipais”.<sup>10</sup> (Litman, 2000: 2).

Ao fomentar o deslocamento de passageiros ou carga de uma localidade a outra, propiciando a interação entre agentes de ambas localidades, o transporte público ocasiona consequências sociais, políticas, culturais e econômicas, sejam elas desejáveis ou não do ponto de vista dos atores envolvidos (*stakeholders*). Conforme adiantamos, apenas os desdobramentos econômico integram o cerne do presente estudo.

Em sua forma original de provisão direta pelo Estado, a implantação de infraestrutura de transporte amolda-se à definição econômica de bem público, cujo problema principal é didaticamente exposto por Varian (2000: 668) nos seguintes termos:

“Vários bens públicos são fornecidos pelo governo. Por exemplo, as ruas e calçadas são fornecidas pela prefeitura. Toda cidade tem um certo número e qualidade de ruas, que todas as pessoas podem utilizar. (...)”

Os bens públicos são exemplo de um tipo particular de externalidade de consumo: toda pessoa é obrigada a consumir a mesma quantidade do bem. Eles são um tipo especialmente perturbador de externalidade porque as soluções de mercado que os economistas gostam tanto não funcionam bem na alocação de bens públicos.”

As citadas externalidades consistem em efeitos que transcendem os pólos da transação, assim definidas por Mas-Colell *et al.* (1995: 352): “Uma externalidade está presente sempre que o bem-estar do consumidor ou as possibilidades de produção de uma firma são diretamente afetadas pelas ações de outro agente econômico”<sup>11</sup>. Assim, veremos que se podem divisar consequências negativas (custos) e positivas (ganhos) tanto para o agente responsável por erigir e explorar a infraestrutura (seja o poder público, seja o concessionário), quanto para o usuário desse serviço, quanto para terceiros alheios à prestação do serviço. Então, no caso em tela, lidamos mais precisamente com **externalidades multilaterais** (MAS-COLELL, 1995: 351).

No modelo de fornecimento direto estatal, em que o custo de acesso ao bem ou serviço público surge desvinculado dos custos de sua implantação, manutenção e operação, observa-se ineficiência em sua provisão, consubstanciada no fato de que se admitem mais usuários do que o bem ou serviço suporta, caracterizando sua **superprovisão** (*over-provision*). O caso brasileiro de transporte rodoviário de cargas, considerando a crônica insuficiência de postos de pesagem para limitar o acesso de caminhões com sobrepeso nas rodovias federais, ilustra perfeitamente esse problema, tendo historicamente deixado grande parte dessas rodovias em estado consabidamente lastimável.

O advento da concessão do serviço de implantação, conservação, manutenção e exploração desse tipo de infraestrutura, ao remunerar o agente por ele responsável mediante tarifas de pedágio pagas diretamente pelos usuários, elimina grande parte do dilema acima reportado. Nessa nova configuração, nem todos os contribuintes têm de pagar pela implantação das instalações necessárias ao transporte, mas tão somente aqueles que dele se beneficiam diretamente.

Uma vez que a situação caracterizada pela concessão equivale, para fins de análise, à situação ideal em que o Estado consegue precificar adequadamente o valor que o usuário confere ao serviço e os custos correspondentes – o que na prática não ocorre com frequência –, nos referiremos sempre, sem perda de generalidade, à situação em que o preço cobrado pelo serviço de transporte corresponda a seus custos de operação.

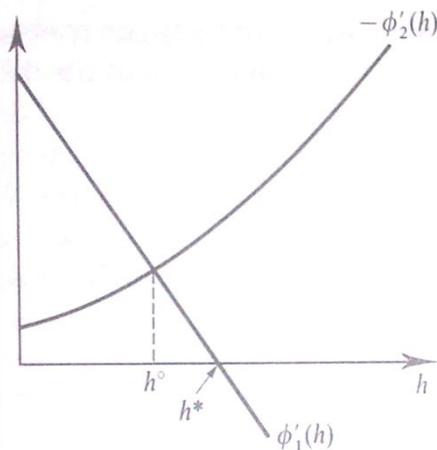
A questão da escolha pública relativa à provisão desses bens estaria satisfatoriamente resolvida, no contexto concessório, caso não sobreviessem complicações adicionais. Com o modelo de pedagiamento, efetivamente se equaciona a questão entre custos e benefícios entre usuário e provedor do serviço – isto é, os custos e benefícios **privados**. Todavia, remanescem efeitos, positivos e negativos, que extrapolam o âmbito da relação entre os dois agentes citados. Em outros termos: algumas externalidades permaneceriam negligenciadas.

Exemplificando, podemos mencionar o impacto ambiental decorrente da construção da infraestrutura e da operação do serviço. O traçado de rodovias e ferrovias não raro atravessa vastas extensões em áreas sensíveis de biomas preservados, enquanto que a poluição ambiental nos arredores de aeródromos é notória. Essas externalidades negativas, **em um modelo completamente desregulado**, prejudicariam toda a coletividade sem receber compensação correspondente.

Atento a esse fenômeno, o poder público organiza a atividade econômica de forma a que os agentes envolvidos internalizem – ou seja, incluam nos termos da transação – os custos decorrentes de suas operações econômicas e que afetam terceiros a eles não relacionadas. É nesse sentido que os custos de compensação e mitigação ambiental são incluídos nos projetos – impactando, quando se trata de atividade desestatizada, o valor da tarifa. Dessa forma, o custo **social** do serviço, correspondente à soma do custo privado com o valor da externalidade, é integralmente arcado pelo usuário.

Ressaltamos que o corolário de não se prever as externalidades negativas em políticas públicas – subdimensionando-se seu custo social – pode implicar distorções em relação à provisão ideal do serviço. Isso ocorre uma vez que os benefícios são percebidos (erroneamente) como equivalentes aos custos – que, por sua vez, encontram-se subestimados. Mas-Colell *et al* (1995: 354) assim ilustram a questão graficamente:

Gráfico 1 – Provisão de bens públicos na presença de externalidades negativas não internalizadas



em que:

$\phi_1'(h)$  é a função de utilidade derivada do agente consumidor ou produtor do bem ou serviço gerador de externalidade negativa;

$-\phi_2'(h)$  é o inverso da função de utilidade dos agentes prejudicados com a referida externalidade. Note-se que, por constar com sinal negativo, expressa a **desutilidade** que os demais agentes experimentam na presença daquele bem ou serviço;

$h_0$  representa o nível socialmente ótimo de consumo ou produção do bem ou serviço gerador de externalidade negativa, em que os custos **totais** igualam os benefícios **totais**. Note-se que esse ponto não pressupõe necessariamente a eliminação da externalidade negativa, frequentemente bastando que haja compensação;

$h^*$  representa o equilíbrio efetivamente observado, denotando que o consumo ou produção do bem ou serviço gerador de externalidade negativa é superior ao ponto socialmente ótimo.

Passando ao caso dos benefícios, temos que as receitas percebidas pelo concessionário constituem uma fiel representação de **parte** dos benefícios do projeto. Mais especificamente, representam o benefício diretamente angariado pelos usuários, uma vez que revelam o quanto esses agentes estão dispostos a pagar pelo serviço explorado sob concessão – isto é, quanto o valoram economicamente.

Sob o prisma dos usuários, está claro que extraem maior utilidade com a redução no tempo gasto com traslado, incremento na segurança e no conforto das viagens etc. Além disso, o tempo em trânsito geralmente reflete no custo de oportunidade desses agentes, na medida em que paralisa ou dificulta suas demais atividades<sup>12</sup>. Todos esses fatores encontram-se, de plano, considerados na estratégia tarifária do agente provedor. Porém, a exemplo do ocorrido com os

custos, os impactos favoráveis do transporte intermunicipal não se restringem aos usuários imediatos desse serviço.

Recordando que a infraestrutura de transporte de passageiros visa a suprir demanda por deslocamentos, devemos caracterizá-la como um exemplo de demanda **derivada**, e não direta. Vasigh *et al.* (2010: 60), tratando do caso do setor aéreo, assim apresentam a questão, a qual se estende perfeitamente aos demais modais<sup>13</sup>:

“Demanda direta refere-se à demanda que diretamente satisfaz uma necessidade do consumidor. Exemplificando, a necessidade de um consumidor por uma sobremesa pode ser satisfeita por um *cheesecake* (...). No setor aeroviário, não há demanda direta, uma vez que os consumidores não compram passagens aéreas pelo prazer de voar. Em vez disso, os passageiros viajam para chegar a um *resort*, visitar a família ou fechar negócios, bem como para uma variedade de outras razões, e isso torna a demanda por transporte aéreo uma demanda derivada”<sup>14</sup>.

Dessa forma, fica evidente que os agentes não demandam serviços de transporte *per se*, e sim objetivando uma finalidade ulterior ao deslocamento. Independentemente das motivações tradicionalmente enumeradas para o traslado intermunicipal – as quais costumam ser agrupadas em “negócios” e “turismo” –, a utilização da infraestrutura de transporte resulta em transações que não teriam ocorrido na ausência desse deslocamento (VASIGH *et al.*, 2010: 20).

Por oportunizar a interação econômica com agentes de outro agrupamento urbano – quer pela interconexão inédita entre dois municípios, quer pela redução dos custos de oportunidade associado à viagem<sup>15</sup> –, o uso do serviço de transporte incrementa o volume total de transações ocorridas nos pólos urbanos interligados<sup>16</sup>. Conforme a teoria econômica predominante (*Welfare Economics*), uma quantidade maior de transações econômicas voluntárias conduz a um nível maior de utilidade para os agentes do sistema, porquanto se atinge uma alocação mais eficiente dos recursos disponíveis na economia<sup>17</sup>.

Sendo, por definição, o meio pelo qual os agentes acessam e expandem mercados, é certo que a densidade e qualidade das malhas de transporte disponíveis desempenham papel fundamental no nível de integração – e, portanto, desenvolvimento – regional. Nesse sentido, temos que um dos efeitos da implantação de infraestrutura de transporte é potencializar a influência, inclusive econômica, que as localidades conectadas exercem umas sobre as outras.

Nas hipóteses em que as externalidades positivas não são levadas em conta – é dizer, em contextos em que o benefício social é subestimado –, observa-se uma **suboferta** do bem ou

serviço. Segundo afirma Litman (2000: 1), “Aperfeiçoamentos no transporte público tendem a prover valor significativamente maior para a sociedade do que os modelos convencionais indicam”<sup>18</sup>. Em tese, portanto, é plenamente possível que a falta de quantificação desses ganhos econômicos (externalidades positivas) venha a prejudicar o ritmo de concessões de determinado país.

A outro turno, o poder público – especialmente nos estudos que precedem as concessões – prevê a **demanda** por serviços de transporte conforme métodos suficientemente consagrados, dos quais constituem exemplos o modelo gravitacional<sup>19</sup>, o modelo de quatro estágios<sup>20</sup> e os modelos fundamentados em regressão estatística<sup>21</sup>, sempre aliadas a pesquisas de preferência declarada e pesquisas de origem-destino.

Nada obsta, portanto, que técnicas quantitativas sejam empregadas também para valorar os benefícios econômicos das políticas públicas de transporte, complementando o processo de planejamento dessas iniciativas com a estimação de seus elementos financeiros fundamentais: custo privado (investimento), benefício privado (tarifa, pedágio, orçamento etc.), custo social (externalidades negativas, como o valor da poluição) e benefícios sociais (externalidades positivas, como o valor das transações possibilitadas pelo acesso a novos mercados).

Passaremos, doravante, à análise das formas pelas quais se torna possível estimar, em termos econômicos, essas externalidades das iniciativas de transporte.

### **3 – Alternativas para mensuração dos benefícios das iniciativas de transporte**

Uma pluralidade de metodologias se propõe a estimar monetariamente o impacto positivo causado pelo aprimoramento do sistema de transportes, cada uma das quais apresentando vantagens e limitações frente às demais. Na subseção seguinte, selecionamos para comentário algumas das mais relevantes entre aquelas técnicas.

Logo em seguida, discorremos a respeito do método empregado na análise de projetos na esfera federal, apontando suas virtudes e desvantagens. Na subseção posterior, apresentamos o modelo de regressão espacial, o que requer uma brevíssima introdução à análise de regressão tradicional.

Por fim, na subseção 3.4, propomos adaptar o modelo de análise de regressão espacial para que se torne adequado à mensuração dos desdobramentos econômicos ocasionados pela implantação de infraestrutura de transporte intermunicipal.

#### **3.1 – Algumas técnicas de avaliação disponíveis**

Quanto à escolha de uma forma objetiva de mensuração dos benefícios do transporte inter-regional, convém selecionar uma técnica que seja aplicável a diferentes tipos de infraestrutura, de forma a abranger variadas manifestações da política do setor.

Esse preceito adquire relevo diante da necessidade de se proceder a **comparações** entre soluções alternativas e concorrentes (multimodalidade) ou complementares (intermodalidade), pois a comparabilidade permite avaliar o potencial benefício de um sistema integrado de transporte, ao possibilitar a adição dos ganhos de cada segmento (representado por um modal). Comentando o caso francês, Polino (1993: 45) afirma sobre o assunto:

“Fez-se uma escolha quanto ao ambiente competitivo do transporte ferroviário, no sentido de redesenhar o fluxo de passageiros em função da distância percorrida: modal rodoviário para curtas distâncias, ferroviário para médias distâncias e aeroviário para longas distâncias”.<sup>22-23</sup>

Justificada a necessidade de generalidade da técnica – ou seja, descartadas eventuais técnicas apropriadas para apenas um modal específico –, cabe citar o comentário de Trevisan e Van Bellen (2008: 541) no sentido de que:

“A avaliação antes (ex ante) sempre foi muito estimulada e induzida nos programas financiados pelos organismos multilaterais de financiamento, especialmente aqueles voltados à infra-estrutura econômica e ao desenvolvimento urbano. Essas avaliações consistem em análises de custo-benefício, de custo-efetividade, das taxas de retorno econômico dos investimentos previstos (Lobo, 1998)”.

Na chamada “análise custo-efetividade”, os efeitos da atividade estudada costumam ser expressos em termos quantitativos, porém invariavelmente **não-monetários** (e.g. número de vidas humanas), o que explica a restrição de seu uso a certas disciplinas, por exemplo, a área médica (EDDY, 1992). Uma vez que buscamos uma forma de melhor quantificar os benefícios econômicos das iniciativas de transporte, conclui-se que esse método não se presta aos objetivos deste artigo.

Outra abordagem do problema é a apresentada por Litman (2000). Aquele autor opta por categorizar as vantagens do transporte coletivo em impactos para os usuários existentes (*existing user impacts*), benefícios de mobilidade (*mobility benefits*), benefícios de eficiência (*efficiency benefits*), impactos quanto ao tempo de viagem (*travel time impacts*), impactos no uso do solo

(*land use impacts*) e impactos no desenvolvimento econômico (*economic development impacts*), partindo para o cálculo de cada um desses fatores apartadamente. Litman (2000: 65) enumera diversas fontes de benefícios do transporte público, as quais adaptamos no Quadro 1:

Quadro 1 – Potenciais benefícios do transporte público – relação baseada em Litman (2000, 65)

| <b>Categoria do Impacto</b>     | <b>Descrição</b>   |
|---------------------------------|--|
| Impacto aos usuários existentes | Benefícios e custos incrementais aos usuários do transporte existente.   |
| Vários                          | Alterações nas tarifas, velocidade de viagem, conforto, segurança etc. para os usuários do transporte existente.   |
| Benefícios de mobilidade        | Benefícios do aumento de viagens que não ocorreriam sem a iniciativa.  |
| Benefícios diretos aos usuários | Benefícios diretos aos usuários advindos do incremento na mobilidade.  |
| Serviços públicos               | Apoio aos serviços públicos e economia de custos para os órgãos governamentais.  |
| Produtividade                   | Aumento na produtividade advinda da melhora no acesso à educação e empregos.   |
| Equidade <sup>24</sup>          | Aprimoramento na mobilidade que cause melhora na qualidade de vida de pessoas em desvantagem econômica, social ou física.                                    |
| Opções / Resposta de emergência | Benefício de ter opções de mobilidade disponíveis, em caso de necessidade, incluindo a capacidade de desocupar áreas e aportar recursos durante emergências. |
| Benefícios de eficiência        | Benefícios advindos da redução do tráfego de veículos motorizados  |
| Custo dos veículos              | Propriedade de veículos e custos de estacionamento residencial.  |
| Condução                        | Redução nos gastos com motoristas remunerados e no tempo de motoristas não-remunerados.  |
| Atrasos causados por veículos   | Redução dos congestionamentos causados por veículos.   |
| Atrasos causados por pedestres  | Redução dos atrasos causados por pedestres.  |
| Custos de estacionamento        | Redução de custos de estacionamento não-residencial.   |
| Segurança e saúde pública       | Alterações nos custos de colisões, segurança pessoal e melhora no nível geral de saúde e bem-estar devido a caminhada e ciclismo.                            |
| Custos das rodovias             | Redução nos custos de construção, manutenção e demais serviços relacionados ao trânsito rodoviário.  |
| Energia e emissões              | Reduções no consumo de energia e na poluição atmosférica, acústica e da água.  |
| Impactos nos tempos de viagem   | Alterações nos custos relacionados ao tempo de viagem dos usuários do transporte.  |
| Uso da terra                    | Benefícios advindos da mudança no padrão de uso dos terrenos   |
| Terreno dedicado ao transporte  | Alterações nas extensões necessárias para rodovias e estacionamentos.  |
| Objetivos do uso dos terrenos   | Apoio ao planejamento do uso dos terrenos, tais como taxas de ocupação, acessibilidade, diversificação, preservação de recursos ecológicos.                  |
| Desenvolvimento econômico       | Benefícios advindos do aumento na produtividade e emprego  |
| Diretos                         | Empregos e atividade empresarial criada pelo investimento em transporte  |
| Gastos redirecionados           | Aumento na atividade econômica regional devido a alteração nos gastos dos consumidores com bens com maior efeito multiplicador regional.                     |
| Economias de aglomeração        | Ganhos de produtividade devidos a padrões de uso dos terrenos em <i>clusters</i> .   |
| Eficiências do transporte       | Economias de escala no serviço de transporte, padrões de uso de terrenos mais acessíveis, menor dependência de automóveis.                                   |
| Impactos no valor dos terrenos  | Aumento no valor dos imóveis em áreas servidas por transporte público.   |

Fonte e método: Adaptação de Litman (2000: 65)

Uma forma análoga foi utilizada para estimar a maior parte dos potenciais benefícios do TAV. No caso, a ANTT (2009b) selecionou diversos tópicos, tais como “economia de tempo de viagem”, “economia no custo operacional de veículos”, “custos operacionais aéreos”, “redução do número de acidentes em rodovias” etc. e a eles atribuiu valores econômicos, semelhantemente ao que preconiza Litman (2000).

Por fim, há formas alternativas para estimar as vantagens da infraestrutura implantada, a exemplo da “regra de bolso” chamada “*rule of half*” usada para estimar o impacto do TAV no desenvolvimento regional. Segundo esse “método”, considera-se que “*o benefício líquido adicional gerado é equivalente à metade do custo adicional generalizado (chamado “rule of half”).*” (ANTT, 2009b: 50).

Sintetizando as observações acima, nota-se que a literatura traz os seguintes métodos para avaliar os efeitos da infraestrutura de transporte: 1) a análise custo-benefício; 2) taxas de retorno econômico; 3) listagem e atribuição de valores a benefícios enumeráveis; e 4) “regras de bolso”, a exemplo da “*rule of half*”. Uma ferramenta que não fora citada, mas que merece menção especial, consiste na análise de regressão estatística. Passemos a comentar cada um desses métodos.

Primeiramente, nada obsta a que a análise de custo-benefício, instrumento bastante consagrado de avaliação de projetos (inclusive privados), seja aplicado como ferramenta auxiliar ao processo decisório relativo à eficiente alocação dos investimentos públicos (COLE, 2009; TREVISAN e VAN BELLEN, 2008; NAS, 1996). Cole (2009: 3) sintetiza a Análise de Custo-Benefício em seis estágios, quais sejam:

“(1) identificar a ação coletiva ou problema gerador de custo social e determinar metas; (2) identificar políticas alternativas, incluindo a inação; (3) determinar os impactos previsíveis (incluindo impactos externos ao mercado) de cada alternativa, durante sua respectiva duração ou vida útil; (4) atribuir valores a esses impactor – (a) impactos favoráveis são denominados benefícios, (b) impactos desfavoráveis são denominados custos; (5) descontar os custos e benefícios futuros a valores presentes e calcular o benefício (ou custo) presente líquido de cada alternativa; (6) finalmente, comparar o benefício (ou custo) presente líquido de cada alternativa e eleger a alternativa com os maiores benefícios ou menores custos.”<sup>25</sup>.

Por sua vez, Nas (1996: 60) é ainda mais sucinto ao resumir em quatro etapas a metodologia em tela: “A análise de custo-benefício desenvolve-se em quatro passos essenciais: (a) identificação dos custos e benefícios relevantes, (b) mensuração dos custos e benefícios, (c)

comparação dos fluxos de custos e benefícios incidentes ao longo da duração do projeto e (d) seleção do projeto.”<sup>26</sup>.

Reparamos que a definição fornecida por Cole (2009: 3) acerca da análise de custo-benefício apresenta esse consagrado método como a integração de planejamento estratégico (especialmente em suas duas primeiras etapas) e análise de projetos. As definições de Cole (2009: 3) e Nas (1996: 60), contudo, afiguram-se inespecíficas quanto à forma pela qual os valores relativos aos custos e benefícios devem ser atribuídos. Nada mais descrevem do que uma forma de encontrar e comparar o valor presente líquido de projetos concorrentes, e não exatamente uma forma de precificar os benefícios dos empreendimentos.

De outra parte, métodos semelhantes ao exposto por Litman (2000), apesar de válidos, são passíveis de críticas sobre sua conveniência e praticidade. Primeiramente, a tarefa de enumerar todos os possíveis benefícios de uma política pública pode revelar considerável grau de complexidade, de forma que a referida metodologia possivelmente mostra limitada praticidade.

Em segundo lugar, a valoração sugerida se revela arbitrária em alguns pontos, como no caso de políticas de “justiça social” (*equity-oriented*), precificadas segundo critérios como “o valor socialmente atribuído à redução da desigualdade” ou “o valor socialmente atribuído à garantia de locomoção”<sup>27</sup> (Litman, 2000: 26).

Em terceiro lugar, existe significativo risco de sobreposição, conforme afirma o próprio Litman (2000: 23). É consabido que a dupla contagem de um benefício (ou de um custo) sob diferentes rubricas pode comprometer irremediavelmente a acuidade da análise. E, em última instância, o avaliador pode se ver compelido a concluir, como Litman (2000: 99), que nem todos os benefícios são passíveis de monetização.

Embora possam representar uma solução mais desejável do que a completa omissão das externalidades positivas, a precariedade ou mesmo inexistência de fundamentação técnico-científica de procedimentos do tipo “regra de bolso” – a exemplo da “*rule of half*” – não confere acuidade a seu resultado, tornando esse tipo de técnica inaceitável em vista dos preceitos que regem a atuação pública.

Resumindo as conclusões desta subseção, temos que: 1) a análise de custo-benefício é antes uma forma de avaliar a viabilidade do projeto, porém pouco acrescenta à forma com que esses custos e benefícios devam ser valorados economicamente; 2) a análise de custo-efetividade busca comparar custos monetários com vantagens não-monetárias (e.g. custo do medicamento por paciente curado), não prevendo como os custos devem ser precificados; 3) a forma de enumeração e estimação de externalidades de forma individualizada (desagregada), como propõe Litman (2000), consiste em um método válido, porém de praticidade limitada, parcialmente

arbitrário e com relevante risco de dupla contagem das externalidades; 4) “regras de bolso”, sem fundamentação teórico-científica, não podem nortear a atuação pública.

Resta examinar, por fim, a técnica de avaliação da taxa de retorno de investimentos e a análise de regressão estatística. A primeira é o método amplamente empregado na esfera federal – por exemplo, elaborado pelas agências reguladoras e fiscalizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) no âmbito dos processos de concessão –, enquanto que a segunda relaciona-se intrinsecamente com a contribuição do presente trabalho, razão pela qual dedicamos uma subseção própria para cada uma dessas técnicas.

### 3.2 – O caso brasileiro: a taxa interna de retorno e suas limitações

Conforme adiantamos, os projetos de concessão de infraestrutura de transporte são avaliados, no plano federal, conforme a taxa de retorno proporcionada por tais empreendimentos ao agente privado que os administre. Esse consagrado método de análise financeira parte do **fluxo de caixa** do projeto, o qual consiste em uma representação das receitas e despesas esperadas ao longo da duração do empreendimento.

Tomando a totalidade das saídas de recursos financeiros anuais da firma, expendidos a qualquer título (investimentos, despesas operacionais, impostos etc.), e deduzindo-os dos ingressos de recursos relacionados ao empreendimento – tarifários ou não tarifários –, encontra-se o resultado líquido do período. Esses resultados são todos descontados a uma taxa anual, de forma que, trazidos a **valor presente**, os resultados mais longínquos experimentam maior desconto (redução) em termos absolutos.

Essa taxa de desconto comporta várias interpretações econômicas, correspondendo, simultaneamente: 1) ao custo de oportunidade do capital do particular, isto é, o rendimento possível de aferição em outra atividade ou aplicação; 2) à taxa de remuneração de mercado do setor, ou seja, a rentabilidade esperada de outras firmas no mesmo mercado (teórica, no caso de mercados incompletos); e 3) a taxa de atratividade para o empreendedor, abaixo da qual a execução do projeto é preterida.

Atualizados os resultados de todos os períodos do projeto, os adicionamos para encontrar o **valor presente líquido** (VPL) ou valor atual líquido (WOILER; MATHIAS, 1996: 175) do empreendimento, cuja interpretação é a seguinte:

“Um VPL de zero significa que os fluxos de caixa do projeto são exatamente suficientes pra recuperar o capital investido e proporcionar a taxa de retorno exigida daquele capital. Se um

projeto tem um VPL positivo, então ele está gerando mais caixa do que é necessário para o pagamento de sua dívida e para prover o retorno exigido aos acionistas, e esse excesso de caixa reverte unicamente em favor dos acionistas da empresa.” (BRIGHAM; HOUSTON, 1999: 384)

A taxa de desconto que proporciona um VLP nulo é denominada taxa interna de retorno (TIR), assim chamada porque “não depende de qualquer outra coisa além dos fluxos de caixa do projeto” (ROSS et al., 1995: 127). Para que o projeto seja atrativo, torna-se necessário comparar a TIR com a **taxa de atratividade** (*hurdle rate*) do mercado para o empreendedor:

“(1) A TIR de um projeto é a sua taxa de retorno esperada. (2) Se a taxa interna de retorno é maior que o custo dos fundos utilizados para financiar o projeto, após pagar o capital resta uma sobra, e essa sobra vai para os acionistas da empresa. (3) Portanto, o empreendimento de um projeto cuja TIR é maior que seu custo de capital aumenta a riqueza dos acionistas. Por outro lado, se a taxa interna de retorno é menor que o custo do capital, o empreendimento do projeto impõe um custo sobre os atuais acionistas. É esta característica de “equilíbrio” que torna a TIR útil na avaliação de projetos de capital.”(BRIGHAM; HOUSTON, 1999: 387)

A técnica, em si, apresenta inúmeras vantagens, entre as quais se destacam a flexibilidade quanto à composição das receitas e despesas consideradas e a adequada representação dos efeitos intertemporais dos ingressos e saídas de recursos. O fluxo de caixa também aceita a inclusão de externalidades positivas e negativas, desde que devidamente quantificadas, na estrutura econômico-financeira dos projetos. Presta-se, inclusive, à análise de investimentos alternativos, desde que procedidos ajustes técnico-financeiros relativos ao prazo de cada um, caso não coincidam.

Apesar de lidar de forma organizada e tecnicamente adequada com as informações inseridas no fluxo de caixa, o método da análise da TIR não tem como escopo contribuir com a **estimativa** dessas informações (receita, despesa e taxa de desconto). Dessa forma, é plenamente possível conferir tratamento tecnicamente adequado a dados distorcidos em relação à realidade, o que inexoravelmente compromete o resultado da análise.

Desse modo, apenas as externalidades que forem quantificadas e incluídas no modelo influenciarão a análise. As externalidades negativas que necessitem de compensação pelo concessionário e as externalidades positivas que beneficiem terceiros alheios à relação contratual serão desprezadas, ocasionando os inconvenientes discutidos na seção 2 – a saber: suboferta ou superoferta de infraestrutura, conjugada a ônus ou bônus a agentes alheios à transação.

No caso das concessões federais brasileiras, a análise da TIR é operacionalizada segundo duas variantes, a depender do critério a nortear a desestatização. Em todo caso, o cômputo da taxa de desconto a ser aplicada no fluxo de caixa dos projetos ocorre de acordo com o método do custo médio ponderado de capital (*weighted average capital cost* – WACC) para o setor pertinente.

Nas hipóteses em que o processo concessório se orienta pelo critério de **maior valor de outorga**, o VPL resultante é zerado – e, portanto, a TIR iguala-se ao VPL – mediante pagamento de uma parcela única, cumulado ou não com o pagamento de valores periódicos variáveis proporcionais à demanda pelo serviço concedido.

Com o critério de **menor tarifa**, o ajuste entre a TIR e a taxa de desconto (WACC) ocorre justamente por meio do preço cobrado do usuário, ausente a previsão de prestações pecuniárias por parte do concessionário em favor do poder concedente pelo direito de exploração do serviço. Com decréscimos incrementais da tarifa simulados no fluxo de caixa, o total de receitas tarifárias esperadas é marginalmente reduzido até que seja encontrada a tarifa que as iguale, em valores atualizados pelo WACC, ao somatório das despesas. Nessa situação, o VPL será nulo e a taxa de desconto corresponderá, por construção, à TIR.

Como se observa, a análise da taxa interna de retorno, tal como praticada atualmente pelo poder concedente federal, guarda semelhanças com a descrição da análise de custo-benefício de Cole (2003). Entretanto, nos projetos de concessões federais, nota-se a ausência de duas etapas cruciais ao desenvolvimento da análise – quais sejam, justamente o primeiro e o último passos: a identificação de potenciais políticas alternativas e, ao cabo do processo, a seleção do projeto entre as alternativas concorrentes.

Essa omissão referente a estudos sobre iniciativas alternativas, impondo-se a inação como única alternativa possível, prejudica a transparência, o planejamento e o controle dessas *policies*, impedindo a comparação de seus resultados com os de quaisquer outros cenários.

Outro aspecto fundamental diz respeito diretamente ao tema deste trabalho: apenas parte das externalidades tem sido considerada para efeitos da viabilidade do projeto. De fato, considerando que os estudos elaborados pelo poder concedente objetivam tão somente à verificação de viabilidade do empreendimento **do ponto de vista do particular**, externalidades inerentes à implantação e operação do serviço – à exceção do impacto ambiental e deslocamento de comunidades vulneráveis – não adentram a análise.

Concluimos nesta subseção que: 1) o método da taxa interna de retorno constitui consagrada ferramenta de **avaliação** de projetos, mas não constitui metodologia hábil a **mensurar** os benefícios e custos a eles associados; 2) assim, em tese, esse método é adequado

para avaliar projetos de infraestrutura, porém sua acuidade depende fundamentalmente da qualidade dos dados de entrada, isto é, da correta quantificação das entradas e saídas de recursos, a cargo de outra(s) metodologia(s); e 3) na prática das concessões federais, o método vem sendo subutilizado, uma vez que é empregado apenas para aferição da **viabilidade privada** do projeto.

### 3.3 – Quantificando interdependências regionais: o modelo de regressão espacial<sup>28</sup>

Conforme ressaltamos na seção 2, o transporte intermunicipal apresenta um aspecto eminentemente técnico – custo de implantação, velocidade comercial, tempo médio do percurso – e desdobramentos de índole econômica, sendo estas o objeto deste estudo. Ao contrário do que ocorre com suas características técnicas, regidas por relações determinísticas, a dimensão econômica dos transportes, como todo fenômeno social, é de natureza inexata, razão pela qual sua previsão é mais adequadamente realizada sob técnicas estatísticas.

A relações estocásticas não se aplica a noção de causalidade<sup>29</sup> e, portanto, seus resultados são apresentados sob a forma de estimativas. Todavia, nada obsta a que análises desse tipo sejam adequadamente formalizadas em modelos matemáticos, tendo sido desenvolvida para tanto a análise de regressão estatística. Sobre essa técnica Gujarati (2000: 4) provê a seguinte definição:

“A análise de regressão ocupa-se do estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas, com o objetivo de estimar e/ou prever a média (da população) ou o valor médio da dependente em termos dos valores conhecidos ou fixos (em amostragem repetida) das explicativas”.

Em sua forma mais elementar, a análise de regressão assume forma funcional semelhante à seguinte, cuja formulação extraímos de Hayashi (2000: 6-7). Nessa formulação elementar, o escopo consiste em encontrar a matriz de coeficientes ( $\beta$ ) que melhor se ajusta às observações disponíveis – ou seja, os coeficientes (parâmetros) que melhor expressem a relação existente entre a variável que se quer analisar (regressando ou *explanandum*) e as variáveis empregadas no processo de explicação/previsão (regressores ou *explanans*):

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

em que:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \text{ o vetor de resultados da variável prevista ou “explicada”};$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1K} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nK} \end{bmatrix}, \text{ a matriz com os valores das variáveis explicativas};$$

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_K \end{bmatrix}, \text{ o vetor de coeficientes representativos da relação entre regressando e}$$

regressores;

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}, \text{ o vetor representativo do erro estocástico inerente a previsões estatísticas.}$$

Exemplificando, se consideramos que  $Y$  representa o número de bilhetes aéreos comercializados em dado período e  $X$  corresponda ao valor da renda média *per capita* dos pólos geradores de viagens (neste exemplo, assumida como única variável explicativa do modelo), temos que um  $\beta = 1,2$  encontrado deve ser interpretado da seguinte maneira: a cada incremento de 1% na renda *per capita* dos municípios envolvidos, é de se esperar um acréscimo médio de 1,2% no consumo de bilhetes aéreos (supondo uma função de demanda com elasticidade-renda constante).

A expressão acima comentada representa uma relação linear entre o regressando e os regressores. É possível, contudo, que ferramentas preliminares de análise exploratória de dados sugiram que a correlação entre o *explanandum* e os *explanans* apresente relação não-linear quanto aos parâmetros ou aos regressores – por exemplo, do tipo quadrática, logarítmica ou mesmo exponencial. Nesses casos, torna-se necessário promover ajustes nessas matrizes, de modo a expressar a equação da regressão, por exemplo, na forma  $Y = X^2\beta + \varepsilon$ ,  $Y = X\log\beta + \varepsilon$  ou  $Y = e^X\beta + \varepsilon$ .

Após a correta especificação da forma funcional da equação, estima-se o vetor de coeficientes  $\beta$  mediante, alternativamente, o método dos Mínimos Quadrados (Ordinários, Generalizados ou Ponderados) ou de Máxima Verossimilhança, a depender de particularidades do comportamento esperado dos regressores e do erro estocástico<sup>30</sup>.

Hayashi (2000: 4-10) enumera as premissas necessárias à acuidade do modelo de análise de regressão apresentado como sendo: 1) linearidade; 2) exogeneidade estrita, implicando independência entre os regressores e o erro estocástico<sup>31</sup>; 3) ausência de multicolinearidade, significando ausência de dependência entre as variáveis explicativas<sup>32</sup>; 4) variância do erro esférica (*spherical error variance*), traduzindo-se em homocedasticidade (erros apresentam

variância constante) e ausência de correlação entre os erros (covariância nula na distribuição conjunta dos erros)<sup>33</sup>.

A infraestrutura pública de transporte, como vimos, propõe-se a fomentar o desenvolvimento econômico inter-regional, tendo em vista seu caráter eminentemente integrador. Uma vez interligadas, as regiões podem influenciar-se mutuamente, tornando-se incorreto assumir que seus indicadores econômicos evoluam de forma independente do desempenho das localidades circunvizinhas.

Exemplificando, a implantação de uma estrada vicinal pode propiciar o escoamento da produção de um vilarejo até um entreposto próximo, passando a renda e qualidade de vida de seus habitantes a depender, também, da prosperidade da localidade que com ela passou a comercializar. Em casos concretos, o nível de atividade econômica de determinadas regiões (especialmente aquelas vocacionadas ao comércio internacional) revelam-se sensíveis a vicissitudes no ambiente econômico circundante, tornando inadequadas as premissas da regressão linear simples.

O exame de interações espaciais como fenômenos econômico-geográficos, assim, raramente se subsume às premissas da análise de regressão tradicional expostas acima, requerendo técnicas de **econometria espacial**. Pondera LeSage (1999: 2):

“O que distingue a econometria espacial da econometria tradicional? Dois problemas surgem quando os dados amostrais ostentam um componente locacional: 1) a dependência espacial entre as observações e; 2) a heterogeneidade espacial nas relações que se está modelando.

A econometria tradicional têm ignorado essas duas questões, quiçá porque elas violam os pressupostos de Gauss-Markov, usadas na modelagem de suas regressões. Com relação à dependência especial entre observações, recorde-se que por Gauss-Markov assume-se as variáveis explicativas são fixas em amostras repetidas. A dependência espacial viola esse pressuposto. (...). Daí surge a necessidade de abordagens estimativas alternativas. De modo análogo, a heterogeneidade especial viola o pressuposto de Gauss-Markov de que existe uma única relação linear, com variância constante, entre as observações. Caso a relação varie conforme alteramos a amostra de dados espaciais, ou se a variância se altera, são necessários procedimentos de estimativa alternativos para modelar adequadamente essa variação e extrair inferências válidas.”<sup>34</sup> (grifamos)

Admitindo a possibilidade de influência recíproca entre regiões – ou, como quer LeSage (1999: 3), considerando que observações na localidade  $i$  dependem de outras observações em localidades  $j \neq i$ <sup>35</sup> –, faz-se oportuno desenvolver um modelo de regressão no qual a dimensão espacial do fenômeno analisado seja levada em consideração. Para tanto, essa dimensão espacial precisa ser formalizada e incorporada no modelo, o que se dá mediante a introdução de uma matriz “codificadora” da configuração espacial a “intermediar” a influência dos regressores.

A sobredita influência recíproca entre localidades traduz-se, ainda, pelo fato de que o bem-estar econômico dos municípios atendidos pela infraestrutura de transporte, em termos de nível de atividade econômica observada, decorre logicamente: 1) das transações ocorridas entre agentes residentes no município considerado; e 2) de transações travadas com residentes de outros municípios, desde que interligados por infraestrutura de transporte (isto é, acessíveis).

Diante disso, e considerando a impropriedade do método de regressão tradicional para fenômenos espaciais, convém que a nova equação: 1) seja formulada **autorregressivamente** – ou seja, de modo a considerar o nível de atividade presente como resultante, inclusive, do nível de atividade em momentos imediatamente anteriores; e 2) contemple elemento capaz de identificar a posição relativa que as regiões guardam entre si: uma **matriz de contingência**.

O modelo mais elementar de regressão espacial autorregressiva – dito “de primeira ordem”, pois o valor previsto é estimado com base na última observação da mesma variável –, assume a seguinte forma funcional básica, conforme LeSage (1999: 43), em notação compatibilizada à de Anselin (1988: 34):

$$Y_t = \rho WY + \varepsilon$$

em que:

$$Y_t = \begin{bmatrix} y_{1t} \\ \vdots \\ y_{nt} \end{bmatrix}, \text{ o vetor de resultados da variável prevista ou “explicada” no momento}$$

escolhido;

$\rho$  é um coeficiente (escalar) a indicar a influência média que as observações nas regiões vizinhas exercem sobre os resultados do vetor  $Y$ ;

$W$  é a matriz de contingência a indicar adjacência ou não-adjacência entre cada uma das regiões em relação às demais. Para tanto, seus elementos ( $w_{ij}$ ) assumem valor unitário para regiões com fronteira comum e valor nulo para regiões que não compartilham fronteira<sup>36</sup>;

$$Y = \begin{bmatrix} y_{1t-1} & \cdots & y_{1t-k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{nt-1} & \cdots & y_{nt-k} \end{bmatrix}, \text{ o vetor de valores assumidos pela variável prevista ou}$$

“explicada” nos “ $k$ ” períodos imediatamente anteriores ao escolhido. Como regra geral, quanto mais observações passadas disponíveis para balizar a previsão, melhor a estimativa resultará – apesar de que os períodos mais recentes tendem a exercer influência maior nos resultados futuros que as observações mais defasadas;

$\varepsilon$  é o vetor representativo do erro estocástico inerente a previsões estatísticas, desta feita dependente da contingência ou não entre as regiões.

Nada obsta que o modelo indique a ausência de qualquer influência recíproca entre as unidades geográficas, o que torna a análise de regressão tradicional uma espécie da qual a análise de regressão espacial é gênero:

“Ressalte-se que se o parâmetro scalar  $\rho$  assume valor nulo, de modo que não há dependência espacial no vetor de observações  $y$ , temos o modelo de regressão por mínimos quadrados como um caso especial do modelo SAR.”<sup>37</sup> LeSage e Pace (2009: 16)

A respeito do coeficiente  $\rho$ , ausente na equação da regressão linear clássica, explicam LeSage e Pace (2009: 10) tratar-se de uma medida geral da intensidade do vínculo entre as unidades regionais tomadas em conjunto, consistindo em um fator de desconto a espelhar a queda de influência entre unidades localizadas em pontos mais distantes:

“O parâmetro escalar  $\rho$  (...) descreve a intensidade da dependência espacial na amostra de observações. O uso de um único parâmetro para refletir um nível médio de dependência para todas as relações de dependência provenientes das observações  $i = 1, \dots, n$ , é uma forma de atingir parcimônia na estrutura da regressão espacial autorregressiva.”<sup>38</sup>

Assumindo valores positivos ou negativos<sup>39</sup>, o escalar revela, no caso aqui tratado, se os municípios pertencentes ao corredor de transporte considerado beneficiam-se ou prejudicam-se com o crescimento econômico dos demais<sup>40</sup>.

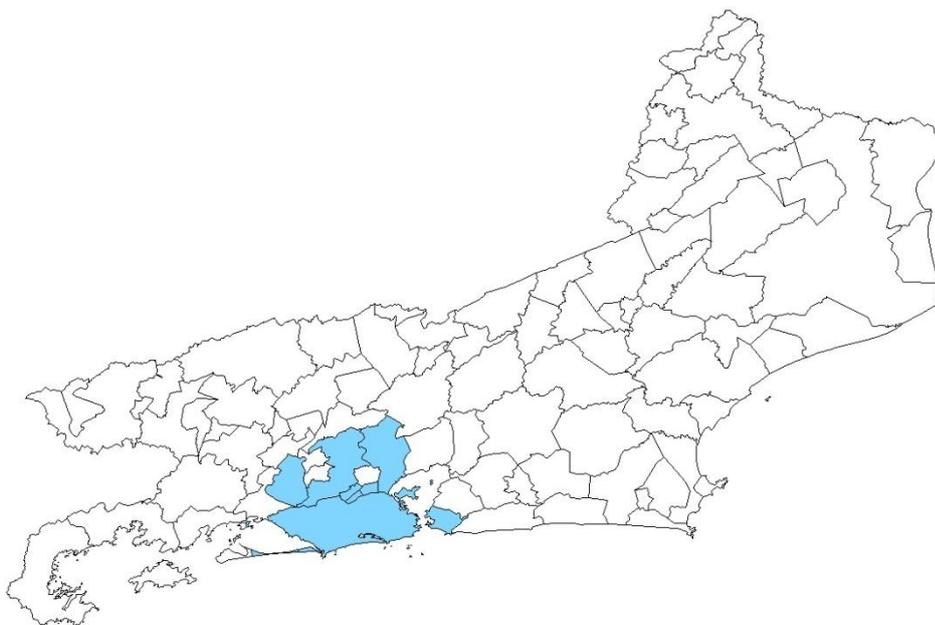
Porém, não é apenas o parâmetro  $\rho$  que diferencia os modelos econométricos espaciais dos não espaciais. Conforme adiantamos, aqueles modelos têm como traço distintivo, comparativamente à regressão linear clássica, o fato de incorporar uma matriz de contingência representativa da relação que as regiões tomadas individualmente mantêm com cada uma das

demais, apontando a eventual contiguidade entre os locais a que se referem as observações consideradas. Com efeito, ensina Anselin (1988: 32):

“Tipicamente, o uso de uma matriz especial ponderada permite que a dependência especial seja adequadamente expressa em seus pesos e que a heterogeneidade espacial seja levada em conta na especificação do modelo.”<sup>41</sup>

Tomando como exemplo o conjunto de municípios vizinhos ao Rio de Janeiro (a saber: Duque de Caxias, Itaguaí, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, São João de Meriti e Seropédica), representado na Figura 1, temos que a correspondente matriz de contiguidade (ordenando os municípios em ordem alfabética<sup>42</sup>) é tal como a matriz *W* a seguir:

Figura 1 – Municípios fronteiriços ao Rio de Janeiro (RJ)



Fonte e método: elaboração própria a partir de arquivo *shape* provido pelo IBGE.

|                    | Duque de Caxias | Itaguaí | Mesquita | Nilópolis | Niterói | Nova Iguaçu | Rio de Janeiro | São João de Meriti | Seropédica |
|--------------------|-----------------|---------|----------|-----------|---------|-------------|----------------|--------------------|------------|
| Duque de Caxias    | 0               | 0       | 0        | 0         | 0       | 1           | 1              | 1                  | 0          |
| Itaguaí            | 0               | 0       | 0        | 0         | 0       | 0           | 1              | 0                  | 1          |
| Mesquita           | 0               | 0       | 0        | 1         | 0       | 1           | 1              | 1                  | 0          |
| Nilópolis          | 0               | 0       | 1        | 0         | 0       | 0           | 1              | 1                  | 0          |
| Niterói            | 0               | 0       | 0        | 0         | 0       | 0           | 1              | 0                  | 0          |
| Nova Iguaçu        | 1               | 0       | 1        | 0         | 0       | 0           | 1              | 0                  | 1          |
| Rio de Janeiro     | 1               | 1       | 1        | 1         | 1       | 1           | 0              | 1                  | 1          |
| São João de Meriti | 1               | 0       | 1        | 1         | 0       | 0           | 1              | 0                  | 0          |
| Seropédica         | 0               | 1       | 0        | 0         | 0       | 1           | 1              | 0                  | 0          |

Exemplificando, repara-se que Duque de Caxias é contíguo a Nova Iguaçu, ao Rio de Janeiro e a São João de Meriti, o que é codificado pela primeira linha – assim como pela primeira coluna – da matriz acima, que contempla um elemento unitário para simbolizar essa adjacência.

Não se quer sugerir aqui que a implantação de um sistema ferroviário ou aeroviário baseado em determinado município apenas beneficie os municípios contíguos: o que se afirma é que a influência **direta** é substancialmente maior no “epicentro” representado pelo município a receber os investimentos em infraestrutura, propagando-se esses benefícios para as localidades do corredor de transporte segundo um critério de contiguidade.

Por fim, merece ser mencionado que a estimativa dos coeficientes  $\beta$  e do escalar  $\rho$ , no caso da regressão espacial, via de regra requer o método da Máxima Verossimilhança, praticamente descartando o método dos Mínimos Quadrados<sup>43</sup>. Tal método é amplamente consagrado na literatura especializada e encontra-se presente como alternativa para estimação nos principais *softwares* econométricos. Afirma Gujarati (2000: 101) sobre o assunto:

“O método da máxima verossimilhança, como indica o nome, consiste em estimar os parâmetros desconhecidos de tal modo que a probabilidade de se observarem os Ys dados é a mais alta (ou máxima) possível. Portanto, temos de achar o máximo da função (4).

$$[A \text{ função (4) referida é: } FV(\beta_1, \beta_2, \sigma^2) = \frac{1}{\sigma^n(\sqrt{2\pi})^n} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum \frac{(Y_i - \beta_{11} - \beta_2 X_i)^2}{\sigma^2} \right\}]$$

Trata-se de um exercício simples de cálculo diferencial”.<sup>44</sup>

A contribuição do presente artigo, relativa à área de transportes, refere-se a adequações na matriz de contingência, apresentadas na seção seguinte. Nesse sentido, consideramos desnecessário rediscutir o método de máxima verossimilhança.

Antes de passarmos ao exame das potencialidades de aplicação do modelo apresentado aos modais ferroviário e rodoviário, cumpre registrar que o método acima apresentado ressentese, no que concerne a fenômenos socioeconômicos, da limitação de se fundamentar em expectativas adaptativas – isto é: orienta-se, em suas predições, pelo comportamento passado das variáveis examinadas.

Com efeito, é possível que o novo modal não apenas reforce interações análogas às já existentes, mas também que possibilite interações de natureza diferente das anteriores – por exemplo, a ligação de um centro urbano a um porto pode propiciar a realização de exportações antes inócuas. Devido a essa limitação, o método tende a subestimar os efeitos da política de transporte.

### **3.4 – Adaptações do modelo espacial para a infraestrutura de transporte**

Apresentada a análise de regressão espacial como um modelo consagrado para mensurar a intensidade de fenômenos distribuídos geograficamente, resta investigar se eventuais adaptações se revelam úteis ou necessárias para aplicá-la a iniciativas de transporte e, ainda, que variável ou variáveis devem ser incluídas no modelo para fiel mensuração das vantagens econômicas. Por fim, cumpre também comentar sobre a forma como a metodologia proposta é melhor operacionalizada.

Observamos que os modelos econométricos espaciais foram desenvolvidos a fim de permitir um exame quantitativo da ocorrência e intensidade da propagação ou difusão de fatores móveis, que se deslocam por um **padrão contínuo** no território geográfico. Nesse sentido, o modelo é considerado bastante apropriado para prever, por exemplo, a provável quantidade de insetos em um conjunto de unidades geográficas, considerando infestação ocorrida em determinado local (LeSage, 1999: 4).

A outro turno, o deslocamento humano conta com apoio de infraestruturas de transportes, o que o diferencia em aspectos fundamentais em relação aos fenômenos naturais tradicionalmente estudados por meio do modelo em epígrafe. Além de se sobrepor às anisotropias naturais – aumentando sobremaneira a velocidade do traslado –, temos que essa infraestrutura impõe um conjunto limitado de **rotas** bem estabelecidas.

Assim, os insetos do exemplo acima podem se deslocar em qualquer direção e pousar sobre praticamente qualquer superfície – o que torna o modelo apresentado até o momento ideal para analisar a distribuição do enxame. Todavia, aviões devem escolher aeroportos para aterrissagem; trens devem se deter em estações próprias para esse fim; e veículos automotores devem observar o traçado das rodovias em que trafegam. Deslocamentos aéreos para localidades sem aeroportos, assim como desembarques ferroviários fora de estações, só podem ser concebidos como consequências de acidentes.

De forma *sui generis* entre os demais modais, o transporte rodoviário apresenta a possibilidade dos condutores adentrarem a rodovia ou dela evadirem em qualquer localidade servida por aquela infraestrutura: pode-se decidir parar o veículo em qualquer município ao longo da rodovia, mesmo além ou aquém do destino planejado. Essa particularidade do modal rodoviário torna o modelo econométrico espacial, tal como já apresentado, adequado a medir a distribuição da atividade econômica.

Postulamos, assim, como que o modal rodoviário seja considerado o “**modal canônico**” – correspondente ao elemento unitário na matriz – quando da aferição da contiguidade em análises espaciais do tipo que aqui se propõe, servindo como parâmetro para os demais modais que analisaremos. Afigura-se razoável que o modelo atribua contiguidade apenas a unidades geográficas ligadas por vias que permitam algum nível mínimo de interação econômica – o que requer que preencham requisitos mínimos de trafegabilidade, no caso rodoviário<sup>45</sup>, ou de regularidade, no caso dos demais modais. Dois municípios contíguos, mas cujas sedes encontrem-se inacessíveis por qualquer modal, não integrarão suas economias de forma significativa, o que esvaziaria o conceito de contiguidade apresentado.

Note-se que o exemplo da seção anterior (Figura 1) fornece valiosa ilustração do enfoque permitido pela econometria espacial: assinalamos, propositadamente, a cidade de Niterói como adjacente ao Rio de Janeiro, muito embora os municípios não comunguem fronteiras terrestres. Autoriza-nos a assim proceder, entretanto, o serviço intermunicipal de *ferry boat* e, mormente, a presença da Ponte Rio-Niterói a interligar as citadas áreas urbanas.

Os demais modais – terrestres, aéreos ou aquaviários – diferenciam-se do modal rodoviário em um aspecto fundamental: dependem de determinadas instalações, fixas e específicas, para o embarque e desembarque de passageiros ou transbordo de carga. As adaptações necessárias para amoldar o modelo econométrico aos modais ferroviário e aéreo encontram-se descritas nas seções subseguintes e se inspiram nas considerações de LeSage (1999: 13), nas quais o autor considera que a existência de meios de acesso privilegiados entre centros urbanos pode configurar uma forma de contiguidade entre eles:

“Por exemplo, suponhamos que uma grande rodovia conecte as regiões (2) e (3) na Figura 1.6, e nós sabemos que a região (2) seja uma cidade dormitório (*bedroom community*) para pessoas que trabalham na região (3). Considerando essa informação não-amostrada, nós não confiaríamos na definição de “contiguidade da torre” [considerar contíguas apenas áreas com fronteiras extensas em comum] porque ela exclui uma relação de contiguidade entre essas duas regiões.”<sup>46</sup>

Seja qual for o modal implantado, torna-se necessária a seleção de uma variável representativa do avanço econômico proporcionado pela iniciativa. Considerando que o intuito da medição proposta é a comparação dos valores encontrados com os custos – de forma a possibilitar a análise custo-benefício ou da taxa interna de retorno –, temos, como primeiro preceito, que a variável a representar o nível de atividade econômica deve ser expressa em unidades monetárias.

Outros preceitos desejáveis incluem a praticidade, a disponibilidade e a periodicidade de coleta e publicação dos dados. A abrangência também é especialmente recomendável, ante a variabilidade de formas em que os benefícios econômicos podem se manifestar, consoante Vasigh *et alii* (2010: 20):

“O impacto econômico pode ser dividido em três categorias: direto, indireto e induzido. Os impactos diretos consistem nas atividades econômicas que não ocorreriam na ausência do transporte aéreo. No setor aéreo, tanto as empresas aéreas quanto os aeroportos exercem impacto econômico direto à economia da comunidade local. Exemplos de impactos econômicos diretos incluem os salários dos funcionários das empresas aéreas, o combustível adquirido, taxas de aterrissagem, bem como outras despesas e aquisições. O benefício econômico indireto inclui os benefícios financeiros que são atribuídos às atividades das empresas aéreas e do aeroporto. Exemplos de impactos econômicos indiretos do transporte aéreo incluem hotéis, restaurantes e outras atividades de varejo. Geralmente há relação causal entre o setor e os impactos indiretos. Por exemplo, se uma comunidade experienciar uma redução no número de viagens aéreas, o setor hoteleiro naquela comunidade muito provavelmente também sofrerá uma queda nas taxas de ocupação. Finalmente, impactos induzidos são os efeitos multiplicadores dos impactos diretos e indiretos. Impactos induzidos correspondem a aumentos no nível de emprego e salários, decorrentes das despesas secundárias associadas aos impactos diretos e indiretos. O resultado

total desses impactos econômicos representa a importância de um setor em termos do número de empregos que ele prove e dos bens e serviços por ele consumidos.”<sup>47</sup>

Como candidatos naturais para representar o nível de atividade econômica, temos o Produto Interno Bruto (PIB), sendo que, na ausência dessa informação, não raro se utiliza o volume de arrecadação tributária como variável *proxy* daquela.

Resultante de agregações das Contas Nacionais e computado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o PIB tem como escopo exatamente estimar o montante de agregação de valor econômico realizada em certa região e durante certo período. Apresenta como vantagens fundamentais: 1) o fato de eliminar, em sua construção, eventuais “duplas contagens” na cadeia produtiva; 2) engloba todo tipo de externalidade que se traduza em atividade econômica – dispensando, assim, que o pesquisador especificamente a preveja; 3) lida com os valores de mercado no momento em que os bens e serviços são precificados; e 4) uma vez calculado pelo instituto oficial de pesquisa, seu uso é relativamente simples e direto.

As três vantagens acima se contrapõem frontalmente às limitações do “método da enumeração” à Litman (2000), o que pode torná-lo uma opção mais interessante e direta do que enunciar cada uma das vantagens (risco de negligenciar alguma), quantificá-las (risco de arbitrariedade) e agregá-las.

Por outro lado, como desvantagens do uso do PIB, temos que: 1) limita-se a vantagens precificáveis – não captando fatores que melhorem a qualidade de vida da população, mas que não se sujeitem à precificação pelo mercado; 2) ao contrário de seu uso, sua mensuração pelos institutos oficiais de pesquisa é dispendiosa e complexa, o que potencializa a dependência do poder concedente em relação à atuação daquelas entidades.

Admitindo o PIB como melhor medida do valor agregado pela economia, o modelo proposto adquire então a forma:

$$PIB_t = \rho WPIB + \varepsilon$$

em que:

$$PIB_t = \begin{bmatrix} PIB_{1t} \\ \vdots \\ PIB_{nt} \end{bmatrix}, \text{ o vetor que representa o PIB dos municípios analisados para o ano}$$

futuro;

$\rho$  é um coeficiente (escalar) a indicar a influência média que as observações nas regiões vizinhas exercem sobre os resultados do vetor Y;

$W$  é a matriz de contingência a indicar adjacência ou não-adjacência entre cada uma das regiões em relação às demais;

$$PIB = \begin{bmatrix} PIB_{1t-1} & \cdots & PIB_{1t-k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ PIB_{nt-1} & \cdots & PIB_{nt-k} \end{bmatrix}, \text{ o vetor de valores de PIB observados nos períodos}$$

imediatamente anteriores ao escolhido para previsão;

$\varepsilon$  é o vetor representativo do erro estocástico inerente a previsões estatísticas, desta feita dependente da contingência ou não entre as regiões.

A visualização da forma funcional do modelo permite perceber, de plano, a limitação já comentada da seção anterior: as previsões resultantes de sua aplicação fundamentam-se exclusivamente em observações passadas, prevendo modulações em sua intensidade. Os efeitos de eventuais alterações no padrão de relacionamento entre as localidades não são, pois, previstos pelo modelo.

Finalmente, quanto à forma de utilização do método proposto, podemos afirmar que a simulação da introdução da infraestrutura de transporte deve se processar em dois momentos distintos, a saber, antes e depois de sua implantação. Uma vez que se pretende medir os ganhos econômicos que o modal inaugurado proporcionaria em relação à situação alternativa em que não é implantado, esses dois cenários hipotéticos devem ser considerados.

Calculando-se o modelo de regressão espacial conforme a matriz de contingência tradicional (seção 3.3) – considerando-se, portanto, apenas a infraestrutura já existente –, obtém-se uma previsão de crescimento da atividade econômica nas regiões atendidas na **ausência** da intervenção cogitada.

Essa previsão levará em conta, portanto, uma série histórica de valores do PIB de cada município e resulta na previsão do valor do PIB para o exercício seguinte. O uso iterado do modelo fornecerá a estimativa para o PIB para os anos seguintes – cabendo, para fins de comparação com uma possível infraestrutura implantada mediante concessão, que esse lapso coincida com a vigência da outorga cogitada.

A série de dados a ser encontrada seria semelhante ao exemplificado no Quadro 1:

Quadro 1 – Exemplo hipotético de resultado do uso iterado do modelo de regressão espacial na hipótese de ausência da infraestrutura considerada

| Município | Estimativa do Produto Interno Bruto (PIB) sem novo transporte – em milhões de reais |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | 2012  | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |

| <b>Município</b> | <b>Estimativa do Produto Interno Bruto (PIB) sem novo transporte – em milhões de reais</b> |       |       |       |       |       |       |       |      |
|------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Município X      | 150  | 154,5 | 159,1 | 163,9 | 168,8 | 173,9 | 179,1 | 184,5 | 190  |
| Município Y      | 7  | 7,1   | 7,1   | 7,2   | 7,3   | 7,4   | 7,4   | 7,5   | 7,6  |
| Município Z      | 34,8   | 35,5  | 36,2  | 36,9  | 37,7  | 38,4  | 39,2  | 40,0  | 40,8 |

Fonte e método: exemplo meramente hipotético.

Em seguida, de posse das estimativas acima, passa-se ao cômputo do PIB esperado simulando-se a **presença** da infraestrutura pretendida. Para tanto, aplicam-se os preceitos desta subsecção, empregando-se um modelo em que a matriz de contingência é adaptada na forma proposta nas duas seções seguintes (seções 4 e 5), a depender do modal adotado. Os resultados desse modelo, na medida em que se diferenciem dos valores encontrados na primeira simulação, refletirão o impacto teórico da infraestrutura no “curso normal” do desenvolvimento econômico da região.

Quadro 2 – Exemplo hipotético de resultado do uso iterado do modelo de regressão espacial na hipótese de implantação da infraestrutura considerada

| <b>Município</b> | <b>Estimativa do Produto Interno Bruto (PIB) com novo transporte – em milhões de reais</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                  | 2012   | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |  |
| Município X      | 150,8  | 156,8 | 163,1 | 169,6 | 176,4 | 183,5 | 190,8 | 198,4 | 206,4 |  |
| Município Y      | 6,9  | 7,1   | 7,2   | 7,3   | 7,4   | 7,5   | 7,7   | 7,8   | 8     |  |
| Município Z      | 34,8   | 35,5  | 36,2  | 36,9  | 37,7  | 38,4  | 39,2  | 40    | 40,8  |  |

Fonte e método: exemplo meramente hipotético.

O benefício econômico da iniciativa de transporte, destarte, corresponde à diferença entre os valores encontrados para o PIB no cenário em que a infraestrutura é erigida e as quantias esperadas na hipótese em que nenhuma infraestrutura é acrescentada. A subtração das importâncias registradas no exemplo hipotético desenvolvido constam do Quadro 3:

Quadro 3 – Exemplo hipotético de benefícios econômicos de iniciativa de transporte, aferidos pelo método da análise de regressão espacial

| <b>Município</b> | <b>Estimativa de benefício econômico devido ao novo transporte – em milhões de reais</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                  | 2012   | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |  |
| Município X      | 0,8  | 2,3  | 4,0  | 5,7  | 7,6  | 9,6  | 11,7 | 13,9 | 16,4 |  |
| Município Y      | -0,1   | 0    | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,3  | 0,3  | 0,4  |  |
| Município Z      | 0  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |  |

| Município       | Estimativa de benefício econômico devido ao novo transporte – em milhões de reais |     |     |     |     |     |      |      |      |
|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Benefício total | 0,7   | 2,3 | 4,1 | 5,8 | 7,7 | 9,7 | 12,0 | 14,2 | 16,8 |

Fonte e método: exemplo meramente hipotético.

Assim, o exercício teórico acima aponta para um benefício líquido total de R\$ 73,4 milhões, em termos nominais, para o conjunto dos municípios considerados, concentrados em grande parte (98,2%) no Município X. Expresso de forma monetária, os ganhos econômicos do projeto podem agora ser cotejados com os custos financeiros associados à sua implantação.

A essa abordagem poder-se-ia objetar as limitações tradicionalmente endereçadas ao Produto Interno Bruto, como sua incapacidade de distribuição de renda, seu foco no crescimento econômico (e não no desenvolvimento propriamente dito) etc. Poder-se-ia mesmo cogitar a realização de estimativas do efeito da política de transporte sobre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos centros atendidos. No entanto, para efeitos de comparação com os custos de infraestrutura, o modelo requer variável com expressão monetária nítida, para o que o PIB revela-se particularmente apropriado.

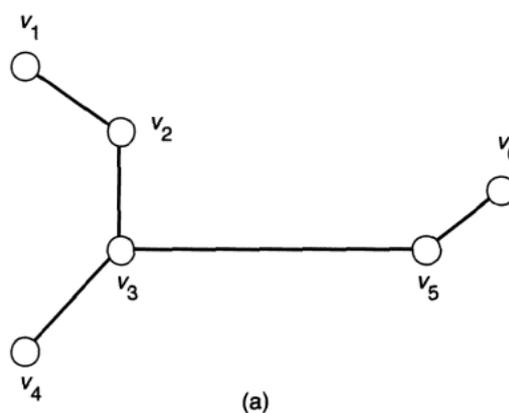
#### 4 - O desenvolvimento sobre trilhos: estimando os benefícios do modal ferroviário

No tocante ao seu deslocamento, observa-se que as composições ferroviárias apenas se detêm em estações próprias, não necessariamente presentes em todas as localidades percorridas em seu trajeto. Dessa forma, a ligação ferroviária propicia um incremento significativo na interação econômica entre cidades conectadas, porém não necessariamente entre os municípios através dos quais o trem trafega sem escalas, isto é, sem que haja fluxo de passageiros ou de carga. Essa conclusão é corroborada pelas alegações de Strohl (1993: 5):

“Um fator adicional na questão do uso do solo é que o trem de alta velocidade é essencialmente um meio de transporte de longa distância, com poucas paradas entre os terminais. Enquanto que os estudos de mercado mostram que o referido trem beneficia as cidades em que ele pára, especialmente as cidades terminais, as pessoas nas pequenas cidades *en route* raramente se beneficiam da nova linha férrea”<sup>48</sup>.

Movendo-se entre pontos fixos – chamados genericamente pela literatura especializada de “nós”<sup>49</sup> –, a dinâmica do transporte ferroviário amolda-se perfeitamente às anotações de Taaffe *et al.* (1996), autores que assim representam matricialmente tal dinâmica:

Figura 2 – Representação matricial de infraestrutura de transporte



|       | $v_1$ | $v_2$ | $v_3$ | $v_4$ | $v_5$ | $v_6$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_1$ | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| $v_2$ | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| $v_3$ | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     |
| $v_4$ | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| $v_5$ | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| $v_6$ | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     |

Fonte: Taafe *et al.* (1996: 13)

A contribuição de Taafe *et al.* (1996) revela-se inestimável ao presente artigo, uma vez que provê uma representação matricial adequada para espelhar a relação de contiguidade entre núcleos urbanos conectados por serviço de transporte ferroviário.

Seguindo o já citado comentário de LeSage (1999: 13) no sentido de que áreas ligadas por meios privilegiados de acesso podem ser consideradas contíguas, propomos que a mensuração dos benefícios econômicos da implantação de ferrovias estime o ganho, em termos de PIB, que o corredor de transporte auferiria, por meio da introdução de contiguidade entre os municípios a abrigar estações consecutivas.

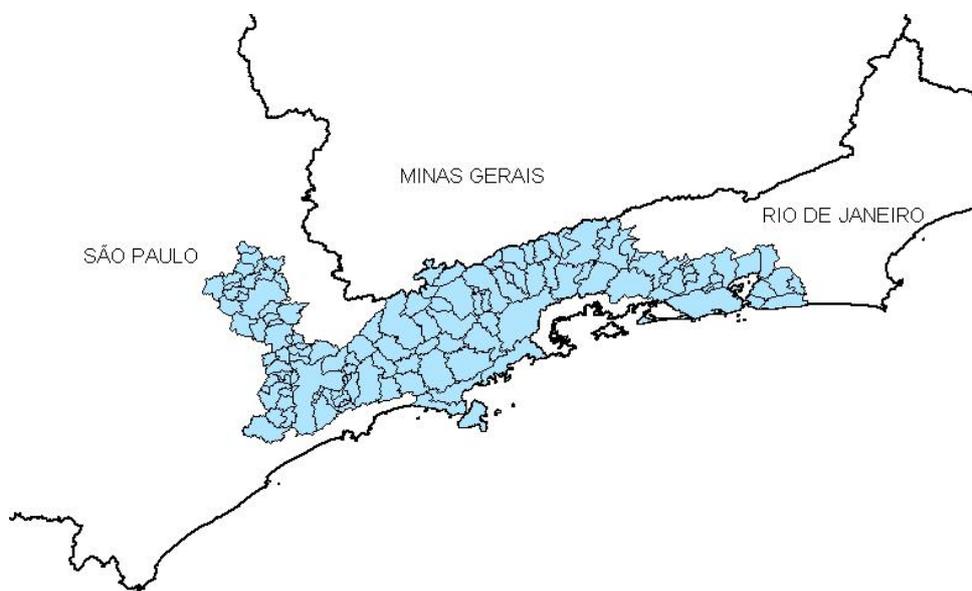
Para ilustrar a proposta, nos valeremos do projeto de trem de alta velocidade<sup>50</sup> Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas (TAV). O trem de alta velocidade é considerado como sendo a terceira etapa de desenvolvimento do modal ferroviário<sup>51</sup> e representa, nos dizeres de Strohl (1993)<sup>52</sup>, solução para casos em que os modais tradicionais estejam saturados e ainda assim haja demanda de transporte inter-regional de passageiros<sup>53</sup>, havendo evidências de seu impacto econômico:

“Têm-se em alta conta os efeitos dos serviços ferroviários de alta velocidade na promoção do crescimento e desenvolvimento econômico, e parece haver boas evidências de que a ligação de alta velocidade para Paris teve efeitos em desenvolver Lyon.” (Whitelegg *et al.*, 1993: 86)<sup>54-55</sup>

No caso que nos serve de exemplo, o poder público brasileiro, adotando boas práticas internacionais<sup>56</sup>, reservou a Estrada de Ferro 222 para implantação de uma linha dedicada ao tráfego de passageiros de alta velocidade entre as duas principais metrópoles nacionais<sup>57</sup>.

Os estudos referentes ao TAV partiram do pressuposto de que a região de influência do novo modal compreende as Regiões Metropolitanas de Campinas, São Paulo e Rio de Janeiro, além das regiões de Jundiaí e Vale do Paraíba Paulista no Estado de São Paulo, e Vale do Paraíba Fluminense no Estado do Rio de Janeiro (ANTT, 2009a: 15)<sup>58</sup>, conforme representado na Figura 4:

Figura 4 – Área de influência esperada do TAV conforme a ANTT



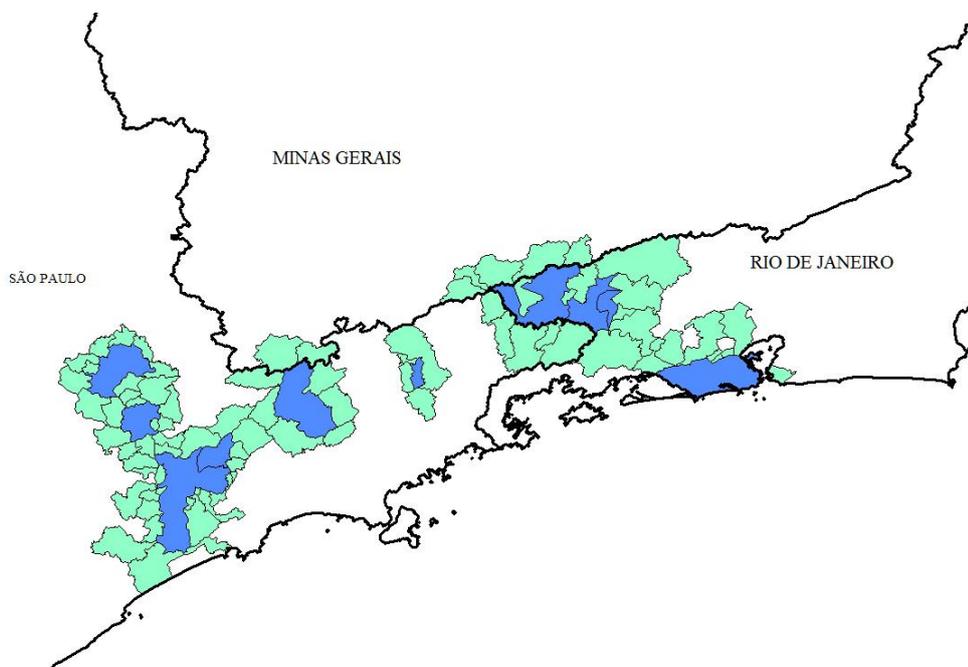
Fonte e método: ANTT (2009b) e arquivo *shape* provido pelo IBGE.

Partindo das considerações expendidas sobre a contiguidade de primeira ordem entre unidades geográficas e tendo em conta a característica distintiva do transporte ferroviário de que nem todas as localidades em seu trajeto são contempladas com estações, a área de influência tal

como definida acima se torna criticável para efeitos de mensuração dos benefícios diretos do TAV sobre a atividade econômica da região.

Prevê-se que os municípios beneficiados com estações do TAV são os indicados no Figura 5, que também registra as cidades circunvizinhas:

Figura 5 – Municípios a futuramente abrigar estações do TAV e região circunvizinha



Fonte e método: elaboração própria a partir de arquivo *shape* provido pelo IBGE.

Apesar de não desenvolver alta velocidade entre alguns pares ordenados de municípios<sup>59</sup>, de todo modo a ligação entre as estações passará a contar com um meio de acesso expressivamente mais célere que o os ônibus intermunicipais que atualmente atendem aquelas localidades, podendo-se considerar estabelecida uma relação que se assemelha à própria contiguidade.

O tempo total de traslado entre Volta Redonda e o Rio de Janeiro por TAV (33,5 minutos<sup>60</sup>) redundará tão célere quanto o deslocamento a partir de Duque de Caxias ou Nova Iguaçu<sup>61</sup> por outro meio de transporte coletivo. Assim, uma análise dos efeitos da introdução de novas linhas férreas de alta velocidade resulta mais acurada caso considere que haja entre essas regiões uma relação análoga à contiguidade – uma “contiguidade indireta” – na matriz de contiguidade da regressão espacial.

De acordo com o projeto do TAV, os municípios a abrigar as estações serão: Rio de Janeiro, Volta Redonda/Barra Mansa (VR/BM)<sup>62</sup>, Resende (opcional), Aparecida, São José dos

Campos, Guarulhos, São Paulo, Jundiaí (opcional) e Campinas. Assim, traçaríamos, conforme o entendimento exposto acima e ordenando os municípios citados em ordem alfabética, a seguinte matriz de contiguidade:

$$W = \begin{matrix}
 & \begin{matrix} \text{Aparecida} \\ \text{VR/BM} \\ \text{Campinas} \\ \text{Guarulhos} \\ \text{Jundiaí} \\ \text{Resende} \\ \text{Rio de Janeiro} \\ \text{São José dos Campos} \\ \text{São Paulo} \end{matrix} \\
 \begin{matrix} \text{Aparecida} \\ \text{VR/BM} \\ \text{Campinas} \\ \text{Guarulhos} \\ \text{Jundiaí} \\ \text{Resende} \\ \text{Rio de Janeiro} \\ \text{São José dos Campos} \\ \text{São Paulo} \end{matrix} & \begin{vmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{vmatrix}
 \end{matrix}$$

O benefício trazido pela nova infraestrutura, em termos de PIB, é encontrado cotejando-se o crescimento econômico resultante de simulação realizada nos termos acima – isto é, com a nova interligação das regiões servidas pelo meio de transporte – com o desenvolvimento estimado na ausência daquela mesma iniciativa, nos mesmos moldes do exemplificado ao cabo da seção 3.4.

## 5 – Modal aéreo: quantificando os ganhos em um espaço reticular

Inspira-se a econometria espacial na “Primeira Lei da Geografia”, enunciada pelo geógrafo e matemático Waldo Tobler: “Tudo relaciona-se com tudo, mas os elementos que estão mais próximos são mais relacionados entre si”. Nesse sentido, entendem-se presentes certas particularidades nos fenômenos espacialmente distribuídos, sugerindo que normalmente sejam “transmitidos” ou “difundidos” entre regiões adjacentes.

O modal aéreo, no entanto, é um claro exemplo não apenas de exceção a esse princípio, como de situação quase que diametralmente oposta. Apresentando o maior custo total entre os modais (RIBEIRO; FERREIRA, 2002: 3), vocaciona-se a interagir com estruturas análogas entre si (aeródromos) e situadas a longas distâncias, fomentando, assim, a “*distinção crescente entre uma lógica territorial zonal e uma lógica territorial reticular*” (HAESBAERT, 2011: 6779-6780)<sup>63</sup>.

Com efeito, ao contrário dos modais de superfície, o transporte aéreo virtualmente não impacta os territórios sobrevoados em seu trajeto –, não incorrendo no volume de

desapropriações, deslocamentos de população e *footprint* ambiental ocasionados pelos modais rodoviário e ferroviário.

As externalidades produzidas por aeroportos<sup>64</sup>, das quais se destacam o alto nível de poluição sonora na decolagem e aterrissagem e a imposição de gabarito-limite para as edificações em derredor, quase sempre se restringem ao município que os abriga, razão pela qual impende que sejam construídos a certa distância dos pólos residenciais. De fato, enquanto aeroportos mais antigos ainda se localizam em perímetro urbano, a tendência é de que novos aeródromos sejam erigidos em municípios adjacentes, menos populosos, transferindo para lá as externalidades geradas<sup>65</sup>.

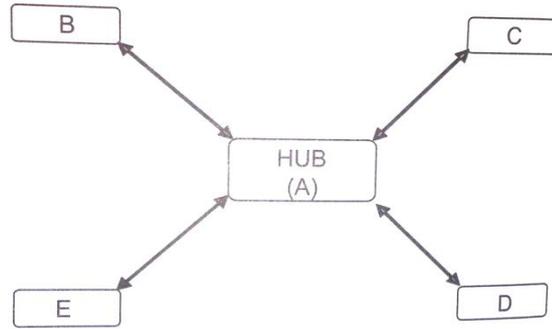
Não obstante, como política de transporte – produtora, portanto, de efeitos espacialmente distribuídos –, defendemos que a quantificação dos benefícios econômicos decorrentes da implantação de novos aeródromos merece ser quantificada por meio de método análogo ao já discutido, o qual pode ser convenientemente adaptado para captar o aspecto retiforme do impacto resultante do deslocamento aéreo.

Analisando as características do deslocamento aéreo, nota-se que, ao contrário do modal ferroviário, não existe a limitação de que as aeronaves se movimentem entre aeródromos consecutivos – ou seja, tendo de pousar nas instalações mais próximas para alcançar as mais distantes. Ademais, é impensável, tratando-se de transporte ferroviário, concluir um traslado em uma estação que não esteja ligada por linha férrea com a estação de partida – desvantagem que não ocorre no modal aéreo.

Conclui-se, assim, que o transporte aéreo não ocorre em rede, e sim em malha, pois cada aeroporto pode, em tese, receber e encaminhar voos para todos os demais. Não se aplica, portanto, a já comentada forma matricial apresentada por Taafe *et al.* (1996: 13).

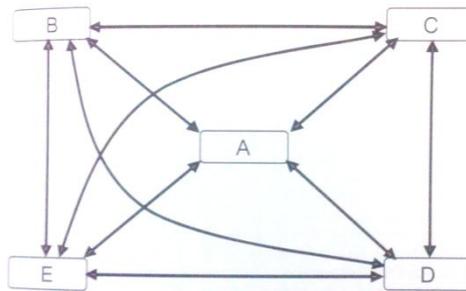
Não obstante, os padrões básicos de rotas aéreas (i.e. estratégias logísticas) são dois: *hub-and-spoke* e *point-to-point*. São considerados *hubs* os aeroportos nodais da malha aérea, ou seja, os aeroportos pelos quais necessariamente passam grande parte dos vôos de longa distância (*long haul*). O termo “*spoke*” se refere às rotas que chegam ou partem dos *hubs*. Em oposição a esse modelo, temos a estratégia “ponto-a-ponto” (*point-to-point*), em que cada aeroporto se relaciona diretamente com os demais. As Figuras 6 e 7 ilustram graficamente esses dois modelos:

Figura 6 – Estratégia logística *hub-and-spoke*



Fonte: Vasigh *et al.* (2008: 90).

Figura 7 – Modelo de rotas aéreas *point-to-point*



Fonte: Vasigh *et al.* (2008: 91).

A coexistência dos dois modelos traz consequências para a modelagem econométrica: enquanto que, na situação *point-to-point* é cabível considerar contíguos os municípios que ostentem aeródromos, na estratégia *hub-and-spoke* torna-se mais consentâneo considerar as localidades que dispõem de aeroportos adjacentes à sede do *hub*, mas não necessariamente contíguas entre si.

Propomos, como forma de equacionar a questão, que o critério de contiguidade seja definido em relação à existência ou não de voos regulares entre duas localidades, aliada a uma frequência mínima, por exemplo, diária. Note-se que o presente critério – que, como os demais critérios para definição de contiguidade, envolve certo grau de arbitrariedade –, abarca tanto o padrão *hub-and-spoke* quanto *point-to-point*, pois se concentra em elemento indicador do grau de possibilidade de integração econômica inter-regional.

Da mesma forma de que nos valem do trem de alta velocidade entre o Rio de Janeiro e Campinas para ilustrar a aplicação da regressão espacial para o caso do setor ferroviário, exemplificaremos o uso do modelo autorregressivo valendo-nos do projeto de construção do Aeroporto de São Gonçalo do Amarante (ASGA). A quarenta quilômetros da capital do Rio

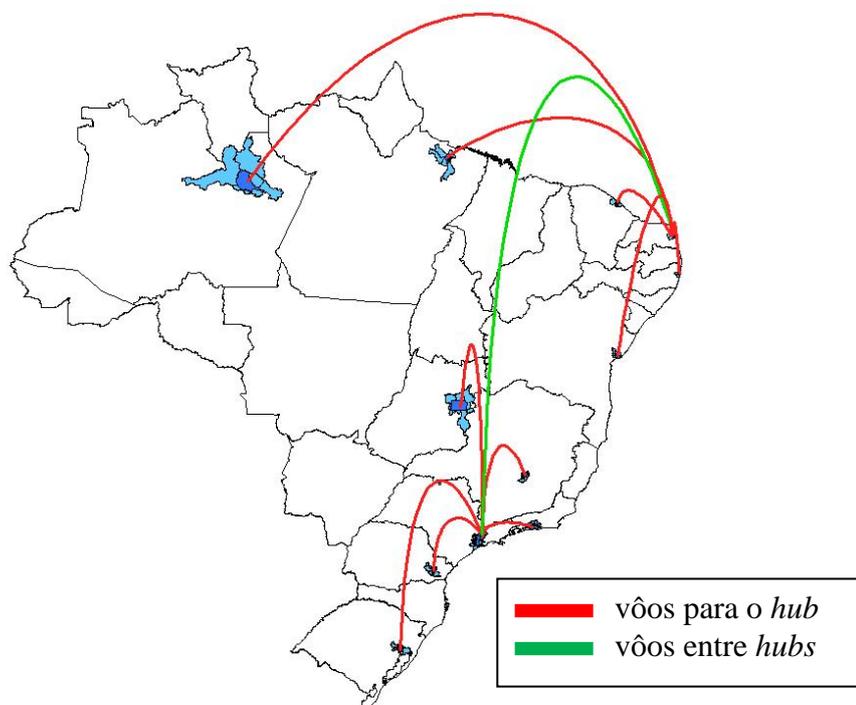
Grande do Norte, o ASGA deverá assumir as operações atualmente realizadas no Aeroporto Internacional de Natal (Augusto Severo)<sup>66</sup>, operando como *hub* em regime de concessão.

Considerando a liberalização havida na aviação comercial brasileira no início da década de 1990 (SENADO, 2010), nada obsta ao ASGA receber vôos de qualquer dos demais aeródromos, inclusive estrangeiros. Para fins de exposição, todavia, torna-se oportuno e razoável limitar a análise à interação do ASGA junto aos treze Aeroportos Internacionais de Primeira Categoria assim designados pelo Departamento de Aviação Civil do Ministério da Defesa<sup>67</sup>.

São eles os Aeroportos Internacionais de Belém (BEL), Belo Horizonte (CNF), Brasília (BSB), Curitiba (CWB), Fortaleza (FOR), Manaus (MAO), Natal (NAT), Porto Alegre (POA), Recife (REC), Rio de Janeiro (GIG), Salvador (SSA), São Paulo (CGH) e Guarulhos (GRU).

Suponhamos, para meros fins didáticos, que todos os voos provenientes ou endereçados a aeroportos situados nas macrorregiões Norte e Nordeste passassem pelo *hub* de Natal, e que todos os demais voos se dirigissem primeiramente ao *hub* de Guarulhos – hipóteses levantadas unicamente com o fito de facilitar a exemplificação. Nesse caso, teríamos uma situação tal como a representada na Figura 8:

Figura 8 – Rotas hipotéticas entre os Aeroportos Internacionais de Primeira Categoria – demonstração do paradigma logístico *hub-and-spoke*



Fonte e método: exercício teórico elaborado a partir de arquivo *shape* provido pelo IBGE

Para aplicação no modelo de mensuração de benefícios proposto, o resultado do exercício teórico realizado, alinhando-se os municípios citados em ordem alfabética, é a seguinte matriz de contiguidade  $W$ :

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{BEL} & \text{BSB} & \text{CGH} & \text{CNF} & \text{CWB} & \text{FOR} & \text{GIG} & \text{GRU} & \text{MAO} & \text{NAT} & \text{POA} & \text{REC} & \text{SSA} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{BEL} \\ \text{BSB} \\ \text{CGH} \\ \text{CNF} \\ \text{CWB} \\ \text{FOR} \\ \text{GIG} \\ \text{GRU} \\ \text{MAO} \\ \text{NAT} \\ \text{POA} \\ \text{REC} \\ \text{SSA} \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

A operacionalização do método proposto para aferir o crescimento econômico proporcionado por aeródromos é idêntico ao propugnado para mensurar os efeitos da introdução dos demais modais (parte final da seção 3.4). Consiste, recordamos, em se comparar: 1) a estimativa do crescimento do PIB na ausência do modal; e 2) a previsão de crescimento do PIB com a implantação da nova infraestrutura.

Os resultados da regressão espacial levada a efeito têm, assim, de ser comparados com a situação *ex ante*, de forma a que a diferença represente a proporção *a mais* de crescimento que os municípios contemplados experimentaríamos em relação à situação de ausência dos referidos campos de aviação.

## 6 – Considerações finais

A *raison d'être* dos investimentos em transporte é, por definição, o aprimoramento do acesso entre as localidades interligadas. A maior mobilidade resulta em intensificação das transações econômicas – contratos celebrados, empregos gerados, investimentos viabilizados. Observa-se, assim, a implantação desse tipo de infraestrutura ocasiona custos e benefícios privados – representados, respectivamente, pelas despesas e receitas daquele que explora a

instalação (e.g. uma empresa concessionária) – e também custos e benefícios alheios às partes contratantes, designados externalidades.

No caso das externalidades negativas associadas à inauguração e operação de iniciativas de transporte, reparamos a tendência de que sejam precificadas e internalizadas nos respectivos projetos, por força da legislação ambiental. No entanto, as externalidades positivas (i.e. benefícios que extrapolam os usuários do serviço) permanecem em grande parte negligenciadas quando da análise de viabilidade realizada em relação a essas iniciativas.

Examinando as formas existentes para mensuração dos ganhos econômicos que acompanham a implementação de infraestrutura de transportes, verificamos que o principal método disponível – consistente em se enumerar as prováveis vantagens, precificá-las e agregá-las – apresenta determinadas desvantagens, sendo que as principais referem-se à possibilidade de lacunas, arbitrariedades e sobreposições.

A contribuição do presente estudo consistiu na proposição de uma metodologia adaptada, capaz de aferir os benefícios econômicos decorrentes da implantação de novos serviços públicos de transporte. Calcada na forma mais elementar do modelo de análise de regressão espacial, a metodologia potencialmente capta os efeitos do incremento da acessibilidade decorrente do novo serviço – a qual repercute na interação entre as municipalidades servidas e, por conseguinte, na magnitude do crescimento econômico experimentado pela região.

A escolha da análise de regressão espacial como ferramenta apta à mensuração daqueles benefícios segue a observação de LeSage (1999: 14) de que “[*As this suggests,*] *spatial autoregressive models have historically occupied a central place in spatial econometrics and they are likely to play an important role in the future.*”<sup>68</sup>.

Ademais, a quantificação de benefícios proporcionada pela metodologia exposta não se restringe a iniciativas de um único modal específico, pois pode ser adaptada – tal como sugerido neste artigo – para que passe a representar os diferentes padrões de deslocamento que caracterizam cada modal.

É de se esperar que, uma vez que os desdobramentos positivos da implantação de infraestrutura de transporte passem a ser considerados nos projetos em termos financeiros – da mesma forma pela qual os custos diretos e indiretos por elas incorrido já são contemplados –, presenciaremos a gradual solução da sub-oferta que caracteriza o setor.

## Notas

---

<sup>1</sup> Apesar do propósito de se conferir novo impulso aos investimentos estatais com um terceiro Plano Nacional de Desenvolvimento em 1980, conforme bem assinalam Carneiro e Modiano (1990: 323), é consabido que essa iniciativa soçobrou, devendo ser considerada “*como uma simples declaração de intenções*” (MATOS, 2002:70), elaborado apenas para o cumprimento de uma determinação legal (LOPES, 1990 *apud* MATOS, 2002: 70), consistindo em um documento basicamente qualitativo (HOLANDA, 1983 *apud* MATOS, 2002: 70). A profunda crise econômica iniciada na década de 1980 é fartamente documentada na literatura especializada. Uma análise de seus traços fundamentais pode ser encontrada, por exemplo, em Carneiro e Modiano (1990: 323-346) e Modiano (1990: 347-386).

<sup>2</sup> Tradução livre de “Reforms to improve and extend infrastructure services have also been fueled by the realization in developing countries that infrastructure levels and quality have a huge effect on economic growth and poverty alleviation and that current levels and quality are inadequate. Infrastructure services are critical to the production of goods and services and significantly affect an economy’s productivity, costs, and competitiveness. Policies on the provision of infrastructure services reverberate throughout an economy – and poor services often limit competitiveness in other markets. Numerous studies – including Calderon, Easterly, and Serven (2003a, b); Calderon and Serven (2003); Canning (1998); Reinikka and Svensson (1999); and World Bank (1994) – illustrate the impact of infrastructure on economic growth. A 1 percent increase in a country’s level of just one type of infrastructure (...) can increase gross domestic product (GDP) growth by 0.20 percentage points (table 1.1)”.

<sup>3</sup> Com efeito, o administrador público invariavelmente se depara a contingências de ordem não-econômica a influir no processo decisório, usualmente consistentes em imperativos políticos em contextos de baixo insulamento burocrático.

<sup>4</sup> Tradução livre de “It is the agreed upon verbalization of a master transportation plan or planning system for a country, for some larger geographical area, such as Europe, or for some internal national subdivision. The policy and plan embrace all modes of transportation of freight and passengers”.

<sup>5</sup> As características desejáveis dessa política são assim enunciadas por aquele mesmo autor (Strohl, 1993: 36): “*One should expect that a transportation policy will be founded upon careful, in-depth study of past plans, present transportation stock and infrastructure, prospective economic growth in the broad sense, and the economic and political impacts of contemplated transportation investments*”.

<sup>6</sup> Exemplificando, o Sistema de Custos Rodoviários (Sicro) e o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi).

<sup>7</sup> Tradução livre de “A prediction of the increase in traffic should then lead to a calculation of the overall economic advantages to be expected. Thus the objective is to estimate an economic and financial balance sheet and the rate of investment profitability (...) Long gone is the day of simply forecasting the entrepreneur’s financial investment, future costs, and gains in profits”.

<sup>8</sup> Tradução livre de “Mode is a generic term for a type or method of intercity (internodal) transportation. Over land there are these modes: waterway, roadway or highway (using motor vehicle), rail, air, and pipeline.”

<sup>9</sup> Azeredo e Monteiro (2009: 4) comentam que as direções preferenciais de conexão são “*normalmente as que possuem um menor custo associado*”.

<sup>10</sup> Tradução livre de “Public transit (also called public transportation and mass transit) includes various services that provide mobility to the general public in shared vehicles, ranging from shared taxis and shuttle vans, to local and intercity buses and passenger rail”.

<sup>11</sup> Tradução livre de ““An externality is present whenever the well-being of a consumer or the production possibilities of a firm are directly affected by the actions of another agent in the economy”.”

<sup>12</sup> Strohl (1993: 21), a esse respeito, nos lembra que “(...) for most of the people who travel, the time en route is in some degree dead time in their lives, a brief period to be got over as quickly and with as little discomfort as possible. (...) Time in travel can also have a quantifiable money value, more evident as one ascends the scale of professional remuneration”. Nash (1993: 82), ao discutir o caso do trem de alta velocidade inglês, comenta que “Most recent British work on the value passengers place on time savings has used so-called “stated preference” techniques. Starting with a study of the importance of frequency of service and the need to change trains undertaken by Steer and Willumsen (1981), there has been widespread use of these techniques for studying rail demand in recent years. There are many variants of the approach, but what they have in common is a reliance on the responses of interviewees to questions as to their preferences between hypothetical alternatives”.

<sup>13</sup> Embora possa haver uma discreta demanda direta no caso do transporte via modais de superfície – isto é, pode-se imaginar que certos consumidores extraíam utilidade admirando a paisagem durante viagens de trem ou de ônibus – pressupomos que esse tipo de demanda resulta residual, tornando as considerações transcritas válidas também para esses modais, e não apenas para o modal aéreo – em que de fato as possibilidades de demanda direta são diminutas. Poder-se-ia argumentar que o caso provavelmente não se aplica a certos modais hidroviários – como o caso de cruzeiros –, porém reputamos mais exato considerar que, nesse caso, não se tratam propriamente de serviços de transporte, e sim de entretenimento.

---

<sup>14</sup> Tradução livre de “Direct demand refers to demand that directly satisfies a consumer’s need. For example, a consumer’s need for a dessert can be satisfied by a cheesecake (...). In the airline industry there is no direct demand since passengers do not purchase tickets just for the sake of flying. Instead, passengers fly in order to arrive at a resort, visit family or conduct business, as well as for a variety of other reasons, and this makes the demand for air transportation a derived demand”.

<sup>15</sup> A Economia Institucional – especialmente a corrente chamada “Nova Economia Institucional”, assim denominada em contraposição à “Economia Institucional Original” – destaca, por meio da Teoria dos Custos de Transação, os efeitos exercidos por esses custos no nível total de atividade econômica e, conseqüentemente, na magnitude do bem estar total alcançado. Entre os principais custos de transação, notabilizam-se os relacionados ao deslocamento dos agentes (COASE, 1995; WILLIAMSON, 1989).

<sup>16</sup> A esse respeito, Litman (2000: 23) apresenta os seguintes resultados: “People living near public transit service tend to work more days each year than those who lack such access (Sanchez 1999; Yi 2006), and many transit commuters report that they would be unable to continue at their current jobs or would earn less if transit services were unavailable (Crain & Associates 1999). Similarly, a significant portion of students depend on public transit for commuting to schools and colleges, so a reduction in transit services can reduce their future productivity. A survey of adults with disabilities actively seeking work found 39% considered inadequate transport a barrier to employment (Fowkes, Oxley and Henser 1994). Increased employment by such groups provides direct benefits to users and increases overall productivity.”.

<sup>17</sup> Para detalhamentos acerca da sobredita corrente de pensamento, remetemos a O’Connell (1982).

<sup>18</sup> Tradução livre de “[However,] transit improvements tend to provide significantly more value to society than conventional models indicate”.

<sup>19</sup> E.g. conforme utilizado para predição da demanda por viagens a turismo no projeto do Aeroporto de São Gonçalo do Amarante (RN). Apesar de não apresentar uma explicação teórica, parte dos pesquisadores considera que o modelo apresenta previsões aceitáveis.

<sup>20</sup> E.g. conforme empregado para estimativa de parte da demanda do Trem de Alta Velocidade Rio de Janeiro-Campinas.

<sup>21</sup> E.g. conforme empregado para estimativa de parte da demanda do Trem de Alta Velocidade Rio de Janeiro-Campinas.

<sup>22</sup> Tradução livre de “A choice was made in the context of the competitive environment for railway travel, to redraw the map of passenger flow as a function of distance travelled: the car for short distances, the train for medium distances and the aeroplane for long distances”.

<sup>23</sup> Reforçando a ideia de complementaridade entre os modais considerados neste artigo – o que milita em favor da escolha de um método de estimativa que contemple a ambos – Whitelegg et al. (1993: 231) dissertam: “An international trend is the connection of the high-speed [train] network with airports in, for instance, France, Germany and Sweden. This illustrates another outcome of the high speed train development: railways are now seen more as a complement to, rather than a substitute for air and road transport. Rail, air and road appeal for transport segments of the total market and all contribute to the rising demand for transport which is at the core of the environmental impact of transport.” Whitelegg e Holzapfel (1993: 210) argumentam que “High speed rail will not diminish air travel as some supporters suggest. The airlines desperately need high speed trains to liberate air space and make it available for even faster rates of utilization for longer distance traffic and tourism”. Para um estudo evidenciando competição e complementaridade dos dois modais no âmbito da União Europeia, vide o relatório da firma Steer Graves Gleave (2006).

<sup>24</sup> Litman (2000: 67) ensina que os benefícios do transporte coletivo, quanto à sua finalidade precípua, podem ser aglutinados em duas categorias: “equity-oriented, which result from the availability and use of transit by disadvantaged people, and efficiency-oriented, which result when transit substitutes for automobile travel”. A distinção é de interesse para os dois modais aqui discutidos (ferroviário de alta velocidade e aéreo), tradicionalmente pouco redistributivos: “For example, it would be wrong to criticize equity-justified transit for failing to reduce traffic congestion or pollution emissions, and it would be wrong to criticize efficiency-justified transit for failing to serve lower-income travelers, since that is not their primary justification.”

<sup>25</sup> Tradução livre de “(1) identify the collective action/social-cost problem and determine the goal; (2) identify policy alternatives, including no action; (3) determine foreseeable impacts, including non-market impacts, of each of the alternatives over their expected life-spans; (4) assign values to those impacts – (a) favorable impacts = benefits, (b) unfavorable impacts = costs; (5) discount future costs and benefits to present day dollars, and calculate the net present benefits or costs for each alternative; (6) finally, compare the net benefits/costs of all alternatives and choose the alternative with the greatest net benefits or lowest net costs.”

<sup>26</sup> Tradução livre de “Cost-benefit analysis proceeds in four essential steps: (a) identification of relevant costs and benefits, (b) measurement of costs and benefits, (c) comparison of cost and benefit streams accruing during the lifetime of a project, and (d) project selection.”

<sup>27</sup> Tradução livre de “the value that society places on increased equity” e “the value that society places on mobility insurance”.

<sup>28</sup> Acerca da nomenclatura, comentam LeSage e Pace (2009: 16): “We will refer to this as simply the spatial autoregressive model (SAR) throughout the text. We note that Anselin (1988) labeled this model a “mixed-regressive, spatial-autoregressive” model, where the motivation for this awkward nomenclature should be clear.”

<sup>29</sup> Note-se que mesmo a *causalidade estatística*, conforme proposta por Granger (1969), não se confunde com o conceito de causalidade propriamente dita, apenas apontando para um provável sentido da correlação. Em sentido contrário, Wooldridge (2005: 13).

<sup>30</sup> Para o modelo em sua versão mais simples, conforme ora apresentado, o método dos mínimos quadrados e o da máxima verossimilhança apresentam os mesmos resultados (GUJARATI, 2000: 102).

<sup>31</sup> A essa hipótese mais “forte”, Hayashi (2000: 7) prefere considerar o requisito satisfeito caso a expectativa (média) condicional entre o erro e os regressores seja nula, isto é,  $E(\varepsilon_i|X) = 0$ . Um erro desse tipo é frequentemente referido na literatura especializada como um “ruído branco” (*white noise*). O mesmo Hayashi (2000: 9-10) aduz que a exogeneidade estrita raramente se verifica em séries temporais, razão da popularidade de modelos autorregressivos – isto é, modelos em que o *explanandum* é parcialmente explicado pelos valores por ele própria assumidos em períodos passados, denotando um elemento inercial em seu comportamento.

<sup>32</sup> De modo muito mais formal, Hayashi (2000: 10) postula que a multicolinearidade é ausente quando o posto da matriz de variáveis explicativas  $X_{(n \times K)}$  é  $K$  com probabilidade 1.

<sup>33</sup> Gujarati (2000: 49), por sua vez, afirma que “O modelo clássico (ou padrão, ou gaussiano) de regressão linear (MCRL), a pedra angular da maior parte da teoria econométrica, formula 10 hipóteses”, uma vez que aquele autor prefere abarcar, para fins de exposição, desdobramentos imediatos dos pressupostos relacionados por Hayashi. Aquele autor, então, apresenta as hipóteses do modelo clássico como sendo as seguintes: 1) linearidade; 2) os valores das variáveis explicativas são fixados em amostragem repetida; 3) perturbações com valor médio nulo; 4) homocedasticidade (mesma variância do erro para todas as observações); 5) ausência de autocorrelação entre as perturbações; 6) covariância nula entre as perturbações e as variáveis explicativas; 7) número de observações superior ao número de variáveis explicativas; 8) variabilidade nos valores das variáveis explicativas; 9) ausência de viés ou erro de especificação; 10) ausência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas (Gujarati, 2000: 50-58).

<sup>34</sup> Tradução livre de ““What distinguishes spatial econometrics from traditional econometrics? Two problems arise when sample data has a locational component: 1) spatial dependence between the observations and 2) spatial heterogeneity in the relationships we are modeling. Traditional econometrics has largely ignored these two issues, perhaps because they violate the Gauss-Markov assumptions used in regression modeling. With regard to spatial dependence between the observations, recall that Gauss-Markov assumes the explanatory variables are fixed in repeated sampling. Spatial dependence violates this assumption (...). This gives rise to the need for alternative estimation approaches. Similarly, spatial heterogeneity violates the Gauss-Markov assumption that a single linear relationship with constant variance exists across the sample data observations. If the relationship varies as we move across the spatial data sample, or the variance changes, alternative estimation procedures are needed to successfully model this variation and draw appropriate inferences.”

<sup>35</sup> Anselin (1999: 4) postula a autocorrelação espacial de forma ainda mais precisa: “More formally, consider a set  $S$  of  $N$  geographical units (e.g., states, counties, census tracts), partitioned into  $R$  non-overlapping compact subsets  $S_R$  (with  $r = 1, 2, \dots, R$ ), such that for any  $r, s$  ( $r \neq s$ ),  $S_R \cap S_s \neq \emptyset$ , and  $S_R \cup S_s = S$ . Spatial groupwise heteroskedasticity would then follow in the form of spatially clustered error variances for observation  $i$ ,  $\text{Var}[\varepsilon_i] = \sigma_r^2$  when  $i \in S_r$ . Similarly, variability in the regression coefficients could be specified to correspond to so-called spatial regimes, or geographic subsets  $S_r$  of the data where the model slope is different,  $\beta_i = \beta_r$ , for an observation  $i \in S_r$ .”

<sup>36</sup> Sobre as possibilidades de definição de contingências, cognominadas em analogia ao movimento das peças de xadrez, remeto a LeSage (1999:12): “There are of course other ways to proceed when defining a contiguity matrix. For a good discussion of these issues, see Appendix 1 of Kelejian and Robinson (1995). Note also that the double linear and double rook definitions are sometimes referred to as “second order” contiguity, whereas the other definitions are termed “first order”. More elaborate definitions sometimes rely on the length of shared borders. This might impact whether we considered regions (4) and (5) in Figure 1.6 as contiguous or not. They have a common border, but it is very short. Note that in the case of a vertex, the rook definition rules out a contiguity relation, whereas the bishop and queen definitions would record a relationship.”

<sup>37</sup> Tradução livre de “It is noteworthy that if the scalar parameter  $\rho$  takes a value of zero so there is no spatial dependence in the vector of cross-sectional observations  $y$ , this yields the least-squares regression model as a special case of the SAR model”.

<sup>38</sup> Tradução livre de “The scalar parameter  $\rho$  (...) describes the strength of spatial dependence in the sample of observations. Use of a single parameter to reflect an average level of dependence over all dependence relations arising from observations  $i = 1, \dots, n$ , is one way in which parsimony is achieved by the spatial autoregressive structure.”

<sup>39</sup> LeSage e Pace (2009: 12), no entanto, advertem: “It is tempting to interpret the scalar parameter  $\rho$  in the spatial autoregressive process as a conventional correlation coefficient between the vector  $y$  and the spatial lag vector  $Wy$ .”

---

*This temptation should be avoided, as it is not entirely accurate. We will discuss this point in more detail in Chapter 2, but note that the range for correlation coefficients is  $[-1, 1]$ , whereas  $\rho$  cannot equal one.”*

<sup>40</sup> Quanto aos efeitos possíveis de verificação, temos, em síntese, que a corrente de pensamento *mainstream* defende que o crescimento econômico observado em localidade já próspera beneficia seu entorno, pois o desenvolvimento “transborda” na forma de mais e melhores ofertas de emprego, valorização imobiliária etc. – o que é comumente referido por *spillover effect* (“efeito-transbordamento”, um tipo de externalidade). Uma linha de pesquisa concorrente sustenta que as localidades tendem a se agrupar em *clusters*, isto é, “bolsões” de municípios – isso porque as regiões ricas tenderiam a se tornar cada vez mais prósperas, enquanto que as regiões menos favorecidas teriam sua precariedade acentuada. Havendo evidência em ambos os sentidos, os resultados não podem ser considerados conclusivos e a discussão em torno do assunto se perpetua.

<sup>41</sup> Tradução livre de “Typically, the use of a spatial weight matrix achieves that the spatial dependence is properly expressed in the weights and that the spatial heterogeneity is accounted for in the specification of the model”.

<sup>42</sup> Ordenar os municípios de modo distinto alteraria a configuração da matriz, porém naturalmente a correspondência entre as localidades e seus coeficientes seria preservada, não havendo qualquer prejuízo ao processo.

<sup>43</sup> Ensina Anselin (1988: 33) que, nesses casos, o método dos Mínimos Quadrados Ordinários apenas permanecem válidos sob condições bastante restritas: requer-se um modelo espacial condicional (em que ocorre relação linear entre a expectativa condicional da variável explicativa e os valores que essa variável assume no restante do sistema) em que observações não contíguas sejam eliminadas. O mesmo autor preleciona que essa abordagem não é prática em situações em que se dispõe de um número diminuto de observações.

<sup>44</sup> Para detalhes e generalização do método em tela, especialmente em sua notação matricial, remetemos também a Hayashi (2000: 47-53).

<sup>45</sup> A mais célebre classificação de níveis de trafegabilidade para o modal rodoviário é a constante do *Highway Capacity Manual* (HCM), publicação do *Transportation Research Board* norte-americano. Classificando a qualidade do serviço rodoviário do nível “A” ao “F” de acordo com as condições de tráfego médias, o método também é empregado pela ANTT como condições contratuais para concessões recentes, tais como a de trechos da rodovias BRs 116 e 324.

<sup>46</sup> Tradução livre de “For example, suppose that a major highway connected regions (2) and (3) in Figure 1.6, and we knew that region (2) was a “bedroom community” for persons who work in region (3). Given this non-sample information, we would not rely on the rook definition because it rules out a contiguity relationship between these two regions”.

<sup>47</sup> Tradução livre de “Economic impact can be divided into three categories: direct, indirect, and induced. Direct impact represents economic activities that would not have occurred in the absence of air transportation. In the air transportation industry, both airlines and airports provide the economy and local communities with a direct economic impact. Examples of direct economic impacts include the salaries of airline personnel, fuel purchased, landing fees, and other similar purchases and expenditures. Indirect economic benefits include the financial benefits that are attributed to airport/airline activities. Examples of indirect economic impacts for air transportation include hotels, restaurants, and other retail activities. There is usually a causal relationship between the industry and indirect impacts. For example, if a community experienced a reduction in air travel, the hotel industry in that community would most likely suffer a fall in room occupancy rates as well. Finally, induced impacts are the multiplier effects of the direct and indirect impacts. Induced impacts account for the increased employment and salaries that come from secondary spending that results from the direct and indirect economic impacts. The total of these economic impacts measure the importance of an industry in terms of the employment it provides and the goods and services it consumes.”

<sup>48</sup> Tradução livre de ““A further factor in the land use problem is that the high speed train is essentially a long-distance train with few stops between terminals. While market studies show that it will benefit the cities where it stops, and especially the terminal cities, people in small towns en route seldom benefit at all from the new line”.”

<sup>49</sup> Taaffe *et al.* (1993: 12) colocam a questão nos seguintes termos: “*Nodes in a transportation network are usually represented by the cities that are connected to each other by a particular set of linkages. In studying these nodes, we again start by looking to their relative importance. This often takes the form of their relative accessibility*”.

<sup>50</sup> Resumindo as diferenças técnicas entre o sistema de transporte ferroviário convencional e o TAV, Strohl (1993: 21-23) apresenta os principais fatores que condicionam as características desse último modelo: “*An intensive use of the line by heavy axle load trains running at high speeds can cause track maintenance costs to be unacceptably high, if the high speeds, say 250 km/hr, are to be continued very long. The repairs necessarily place the track out of service for a time. Thus the design of the track for one kind of train with a relatively light axle loading appears attractive. The very high speed concept can affect profoundly the conventional rules for construction of rail lines. For example, if the track is to be used only for very high speed trainsets, grades as high as 3.5% can be accepted for short lengths of line. The higher the train speed the more sensitive becomes the contact or delivering the movement power from an exterior source. And totally different signal and control systems are mandatory. (...) Along with these considerations is the fact that the higher the train speeds and density of movement, the more critical and sophisticated the equipment for train control and signaling will have to be. High speeds on existing track usually*

require some track relocation or rebuilding in order to lengthen the radius of curves, perhaps to alter rail superelevation on curves, or to eliminate curves altogether. Considerable reconstruction of the existing roadbed may be necessary. Often big increases in the allowed speeds of some designated trains are not possible, owing to lack of line capacity: A fully used conventional rail line may have at least four different classes of revenue trains moving in either direction at certain times (work trains are an additional load), and the construction of additional passing tracks may be found unfeasible, most especially when the rail line passes through narrow valleys and towns.” Dessa forma, a instalação de um serviço de transporte por TAV usualmente requer “a specialized infrastructure for comparatively lightweight, medium-sized, self-propelled passenger trainsets of a fixed number of cars semipermanently coupled, having weights per axle of less than seventeen tons, a specially designed track structure, and gradients up to a limit of 3.5%, reducing considerably the need to construct tunnels, viaducts, open cuts, and embankments.” (STROHL, 1993: 23).

<sup>51</sup> Sobre as três etapas percorridas pelo modal ferroviário, citamos Whitelegg *et alii* (1993: 15) “The current investment in high speed trains and high speed lines constitutes the third wave of investment in railway infrastructure. The first investment wave brought about the building of the network, as investigated by Fishlow and Fogel. The second investment wave was the electrification of the railway network”.

<sup>52</sup> Strohl (1993: 6) assim resume essa relação: “The demand for the service exists, and some of the older lines are in fact often operated at saturation density. A compromise plan for higher speed is the result.”.

<sup>53</sup> Malgrado a previsão de que venham a transportar encomendas leves – basicamente correspondências e itens de alto valor agregado de até 2 kg –, a ANTT (2009c) reconhece a limitação que trens de alta velocidade apresentam mesmo quanto a esse tipo de carga. Strohl (1999: 36) recorda, ainda, que o transporte de cargas por trens de alta velocidade incorre em custos adicionais: “[But] the train will be slower in movement, and there will naturally be the terminal and handling costs. Parcels need far less comfort, but they do not walk into the train”.

<sup>54</sup> Tradução livre de ““Much is often made of the effect of high speed rail services in promoting economic growth and development, and there does appear to be good evidence that the fast link to Paris has had development effects in Lyon”.

<sup>55</sup> Note-se que, para o caso francês, Polino (1993: 45) anota que “On the other hand, the real effects of the very high speed trains on industrial activity, employment and regional isolation remain unknown, as indeed does the evaluation of energy conservation or environmental preservation that could result from the transfer of passenger traffic away from air or automotive transport in favour of the train”.

<sup>56</sup> Recordamos Strohl (1993: 39) da seguinte deliberação tomada na Tabela 1, Anexo 2 do *European Agreement on Main International Railway Lines*: “Specialized lines are or will be exclusively for high speed passenger trains”.

<sup>57</sup> Whitelegg *et alii* (1993: 221) registram essa compreensível tendência: “The mere size of the market on certain connections directed the locations of the new lines [de trens de alta velocidade]. Provided that the distance allowed for an appropriate timing, normally less than three hours, the choice of the first line often fell on providing a connection between the country’s two largest cities”.

<sup>58</sup> Esclarece a ANTT (2009a: 14) que “A área costeira localizada a leste da fronteira dos Estados de SP/RJ não está incluída como Área de Influência para o TAV em virtude da existência da Serra do Mar. A conexão dessa área e São Paulo é feita usando a BR-101, uma rodovia que se estende ao longo da costa do Rio de Janeiro a Santos.”.

<sup>59</sup> A definição de “alta velocidade” elaborada pela *Union Internationale des Chemins de Fer* (UIC) – organização internacional promoção do desenvolvimento do modal ferroviário – no documento *General definitions of high speed* é a de 250 km/h para linhas novas. Segundo a ANTT (2009c: 20), a velocidade comercial do TAV será de 200 km/h entre e Campinas (SP) e o Rio de Janeiro (RJ).

<sup>60</sup> Cf. ANTT (2009a).

<sup>61</sup> O centro de Duque de Caxias e de Nova Iguaçu distam, respectivamente, 30 e 43 km do centro do Rio de Janeiro. Supondo que o condutor consiga desenvolver velocidade média de 60 km/hora entre os referidos centros urbanos, os tempos de viagem seriam, respectivamente, de 30 e 43 minutos.

<sup>62</sup> A intenção revelada pela ANTT (2009b) é a de que seja erigida estação na fronteira entre Volta Redonda e Barra Mansa, de sorte a contemplar ambas localidades com a mesma estrutura.

<sup>63</sup> Para uma crítica em torno do conceito e conseqüências da reticularização do espaço, vide Haesbaert (2004: 279 e ss.).

<sup>64</sup> Segundo o sítio oficial da ANAC na internet ([www.anac.gov.br](http://www.anac.gov.br)), “De acordo com o Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986), aeródromo é toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves”, enquanto que “Aerportos são os aeródromos públicos dotados de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas”.

<sup>65</sup> Em virtude da distância entre a infraestrutura aeroportuária e o respectivo centro urbano beneficiado, o modal aeroviário é o menos apto a promover deslocamentos porta-a-porta, carecendo de complementação por parte de equipamentos de mobilidade urbana.

<sup>66</sup> Pretende-se, com isso, reservar o referido Aeroporto Augusto Severo exclusivamente para treinamento militar, atividade já desempenhada no local.

<sup>67</sup> Portaria DAC nº 13/SIE, de 11 de janeiro de 2006.

---

<sup>68</sup> Inúmeros desenvolvimentos do modelo espacial autorregressivo, devidamente registrados na literatura acadêmica especializada, poderiam ser explorados pelos agentes públicos como ferramentas auxiliares para tomada de decisões na área de transportes. Embora a descrição de cada modelo extrapole os limites deste trabalho, cabe citar como exemplos o modelo espacial Durbin (LeSAGE, 2000: 82 e ss.), o modelo de erro espacial (LeSAGE; PACE, 2009: 32), modelo espacial autorregressivo de média móvel (LeSAGE; PACE, 2009: 33) e modelos exponenciais matriciais (LeSAGE; PACE, 2009: 237). Os modelos acima compartilham a característica de incluir uma matriz de contingência para representar a proximidade das regiões analisadas.

## Referências

- ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Studies in Operational Regional Science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Projeto TAV Brasil. Relatório Final. Volume 1 – Estimativas de Demanda e Receita**. Brasília: ANTT, 2009a.
- ANTT - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Projeto TAV Brasil. Relatório Final. Volume 3 – Avaliação de Benefícios Econômicos**. Brasília: ANTT, 2009b.
- AZEREDO, M.; MONTEIRO, A. M. V. Recovering Tobler's Views to Represent Full Toblerian Spaces in GisCiencies. In: **Workshop dos Cursos de Computação Aplicada do INPE**. São José dos Campos: INPE, 2009.
- BRIGHAM, E. F; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da Moderna Administração Financeira**. 2ª Tiragem. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- CARNEIRO, D. D.; MODIANO, E. Ajuste externo e desequilíbrio interno: 1980-1984. In: ABREU, M. P (Ed.). **A Ordem do Progresso**. Cem anos de política econômica republicana. 1889-1989. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- COASE, R. H. **Essays on Economics and Economists**. Chicago: Chicago University Press, 1995.
- COHEN, .M; MARCH, J; OLSEN, J. **Garbage Can Model of Organizational Choice**. Administrative Science Quarterly, vol. 17, p.1-25. Ithaca: Cornell University, 1972.
- COLE, D. H. **Regulatory Cost-Benefit Analysis and Collective Action**. Working Paper 2009/1. Institute for Policy Integrity. New York University School of Law, 2009.
- EDDY, D. M. **Cost-effectiveness analysis: the inside story**. Journal of the American Medical Association - JAMA. Chicago, v. 268, n. 19, novembro de 1992.
- GRAHAM, A. **Managing Airports**. An international perspective. 3ª ed. Oxford: Butterworth-Heinemann Publishers, 2008.
- GRANGER, C. W. J. **Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods**. Econometrica, n. 37, 424–438. Julho de 1969.
- GUASCH, J. L. **Granting and Renegotiating Infrastructure Concessions: Doing it Right** (WBI Development Studies). Washington: Banco Mundial, 2004.
- GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 3ª ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- HAESBAERT, R. **Da Desterritorialização à Multiterritorialidade**. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo. Disponível em [http://www.planificacion.geoamerica.org/textos/haesbaert\\_multi.pdf](http://www.planificacion.geoamerica.org/textos/haesbaert_multi.pdf). Acessado em 4 de março de 2011.

- HAYASHI, F. **Econometrics**. Princeton: Princeton University Press, 2000.
- LeSAGE, J. P. **The Theory and Practice of Spatial Econometrics**. Toledo: Universidade de Toledo, 1999.
- LeSAGE, J. P.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- LITMAN, T. A. **Evaluating Public Transit Benefits and Costs. Best Practice Guidebook**. Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2010.
- MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. **Microeconomic Theory**. Oxford: Oxford University Press, 1995.
- MATOS, P O. **Análise dos Planos de Desenvolvimento Elaborados no Brasil após o II PND**. Dissertação apresentada à Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada. Piracicaba, 2002.
- MODIANO, E. A Ópera dos Três Cruzados: 1985-1989. In: ABREU, M. P (Ed.). **A Ordem do Progresso**. Cem anos de política econômica republicana. 1889-1989. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- NAS, T. F. **Cost-Benefit Analysis. Theory and Application**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1996.
- NASH, C. A. *BR's tale of two trains*. In: WHITELEGG, J.; FLINK, T.; HULTEN, S. (eds.) **High Speed Trains - Fast Tracks to the Future**. Boston: Leading Edge Press & Publishing Ltd., 1993. (pp. 221-233)
- POLINO, M-N. *The TGV since 1976*. In: WHITELEGG, J.; FLINK, T.; HULTEN, S. (eds.) **High Speed Trains - Fast Tracks to the Future**. Boston: Leading Edge Press & Publishing Ltd., 1993. (pp. 38-47)
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira. Corporate Finance**. São Paulo: Atlas, 1995.
- SENADO FEDERAL. **Da militarização à liberalização: transição da aviação civil no Brasil começou em 1992**. Revista Em Discussão. Brasília: Senado Federal, novembro de 2010.
- STEER DAVIES GLEAVE. **Air and rail competition and complementarity**. Final report. Comissão Europeia GD TREN. Agosto de 2006.
- STROHL, M. P. **Europe's High Speed Trains: A Study in Geo-Economics**. Londres: Praeger Publishers, 1993.
- TAAFE, E. J.; GAUTHIER, H. L.; O'KELLY, M. E. **Geography of transportation**. 2ª ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.
- TREVISAN, A. P.; VAN BELLEN, H. M. **Avaliação de políticas públicas: uma revisão teórica de um campo em construção**. Revista de Administração Pública. Vol. 42, nº 3. Rio de Janeiro, 2008.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. Trad. Da 5ª ed. americana por Ricardo Inojosa e Maria Joisé Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

WHITELEGG, J.; FLINK, T.; HULTEN, S. *Analysis and evaluation of the development of high speed trains*. In: WHITELEGG, J.; FLINK, T.; HULTEN, S. (eds.) **High Speed Trains - Fast Tracks to the Future**. Boston: Leading Edge Press & Publishing Ltd., 1993. (pp. 221-233)

WHITELEGG, J.; HOLZAPFEL, H. *The conquest of distance by the destruction of time*. In: WHITELEGG, J.; FLINK, T.; HULTEN, S. (eds.) **High Speed Trains - Fast Tracks to the Future**. Boston: Leading Edge Press & Publishing Ltd., 1993. (pp. 203-212)

WILLIAMSON, O. E. Transaction cost economics. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R. D. (Eds.). **Handbook of industrial organization**. Amsterdam: North Holland, 1989.

WOILER, S; MATHIAS, W. F. **Projetos. Planejamento, Elaboração e Análise**. 15ª tiragem. São Paulo: Atlas, 1996.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics**. A modern approach. Cambridge: South-Western College, 2002.