

## **Indução a ocupação decorrente de uma obra viária: o caso do Rodoanel.**

**Ciro Biderman**

**FGV/EESP e EAESP e LUME/FAUUSP**

e-mail: [biderman@fgvsp.br](mailto:biderman@fgvsp.br)

### **Resumo**

Esse artigo procura estimar o impacto da implementação de uma grande estrutura viária (o rodoanel na Região Metropolitana de São Paulo) sobre a decisão de localização das empresas (ou seja, o número de postos de trabalho por setor de atividade) e sobre o número de domicílios por classe de renda por zonas de origem-destino. A partir das estimativas de impacto na matriz de tempos estima-se o impacto sobre a decisão de localização das empresas e das famílias. Os resultados da simulação indicam que o trecho sul do Rodoanel não deve ter um papel indutor do emprego ou da moradia significativa se as condições observadas atualmente permanecerem relativamente constantes. No entanto, se houver alguma “bolha” de emprego em um local próximo ao empreendimento, o Rodoanel pode ter um papel catalizador induzindo uma maior ocupação no seu entorno.

**Palavras chave:** equilíbrio urbano, sistema de transportes, micro-simulação.

### **Abstract**

This paper attempts to forecast the impact of a large transport infra-structure implementation (the outer ring in São Paulo Metropolitan Area) on firms location decision (i.e. the number of jobs by industry) and on households location decision by income class and origin-destination zones. Using the variation in commuting time given by the new infrastructure we can estimate the change in location decision by firms or households. The simulation results show that the south part of the outer ring does not have any significant impact on firm or households location decision if initial conditions are kept relatively constants. However, if there is an employment bubble in a site close to the new infrastructure the outer ring may work as a catalyst to induce more occupation in its surrounding areas.

**Key words:** urban equilibrium, transport system, micro-simulation.

**Área Anpec:** ÁREA 9 - ECONOMIA REGIONAL E URBANA

**Classificação JEL:** R4 - Transportation Systems

## Introdução

O principal objetivo deste artigo é estimar o impacto da implementação do trecho sul do rodoanel sobre a decisão de localização das empresas (ou seja, o número de postos de trabalho por setor de atividade) e sobre o número de domicílios por classe de renda por zona de tráfego (de agora em diante “zonas OD<sup>1</sup>”) da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A partir das estimativas da matriz de tempos estima-se o impacto das variações no tempo de deslocamento sobre a decisão de localização das empresas e das famílias.

A teoria econômica prevê que as empresas devem se localizar num local em que os custos de transporte *vis a vis* os custos da terra minimizem o seu custo de vida. Exatamente a mesma lógica vale para os domicílios: custo da terra e dos transportes devem ser compensados de tal forma que o local seja atrativo para as famílias. A proposta deste estudo é explorar este resultado bastante intuitivo para estimar como mudanças no sistema de transporte podem alterar a decisão locacional das empresas e das famílias.

A primeira hipótese fundamental do modelo é que o trecho sul do Rodoanel não é capaz de alterar o total de atividade na RMSP. No entanto, em tese, é capaz de alterar a distribuição interna da atividade. Portanto, estamos preocupados essencialmente com a proporção de cada zona OD no total de emprego em um determinado setor. De maneira similar, assume-se que a obra não é capaz de alterar o crescimento populacional, apenas a distribuição dos domicílios na região.

## Variáveis chaves na escolha de localização

O modelo de simulação parte de variáveis fundamentais para a simulação do nível de emprego e de população por zona. Em primeiro lugar, o número de empresas  $e$ , portanto, o emprego, depende da oferta de mão de obra. Assim, a proporção do emprego depende também da proporção de famílias de um determinado tipo localizadas na zona. Denominamos de  $e_{s,z,t}$  o total de empregos na zona  $z$ , no setor  $s$ , no ano  $t$  e de  $D_{r,z,t}$  o número de domicílios na zona  $z$  do tipo<sup>2</sup>  $r$  no ano  $t$ .

Outra variável fundamental na decisão de localização da empresa é o salário médio da zona denominado de  $w_{s,z,t}$ . Em princípio maiores salários devem diminuir a atratividade de uma área tanto devido ao aumento no custo direto de produção como também devido à correlação entre salários e preço da terra. Uma outra variável de controle para o preço da terra é a densidade domiciliar ( $d^D_{z,t}$ ) e a “densidade de empregos” - o total de empregos dividido pela área da zona ( $d^e_{z,t}$ ). Quanto menor a densidade maior a oferta de terra e, portanto, menor o seu preço<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> O termo refere-se à pesquisa “Origem-Destino” usualmente denominada de Pesquisa OD realizada pelo Metrô de São Paulo. A desagregação regional seguiu a divisão utilizada pelo Metrô para permitir o cotejamento com as matrizes de tempo. A pesquisa OD divide a RMSP em 389 zonas de tráfego com área variável em função do número de viagens geradas ou atraídas para a zona.

<sup>2</sup> Para os nossos fins o “tipo” do domicílio é a sua faixa de renda.

<sup>3</sup> É também verdade que uma baixa densidade é um atributo positivo de uma determinada região, aumentando o preço da terra. A variável de densidade, portanto, captura o efeito líquido destas duas forças.

Poderia se argumentar que maiores salários significam também a proximidade de postos mais bem pagos o que significa potencial de negócios. Certamente as empresas estão dispostas a pagar mais para ficar próximas de seus clientes ou fornecedores. Isto significa que a proporção de outros setores também deve influenciar a proporção do setor que se pretende encontrar. Uma boa aproximação para a presença de clientes ( $c_{s,z,t}$ ) e fornecedores ( $f_{s,z,t}$ ) do setor  $s$  na zona  $z$  foi sugerida por Dumais, Ellison e Glaeser (1997). Uma aproximação a esta medida pode ser definida como:

$$c_{s,z,t} \equiv \sum_{j \neq s} m_{s,j} \frac{e_{j,z,t}}{e_{z,t}} \frac{e_t}{e_{j,t}}$$

$$f_{s,z,t} \equiv \sum_{j \neq s} m_{j,s} \frac{e_{j,z,t}}{e_{z,t}} \frac{e_t}{e_{j,t}}$$

Onde  $e_{z,t}$  é o emprego total na zona  $z$  no ano  $t$ ,  $e_{j,t}$  representa o emprego total no setor  $j$  no ano  $t$  e  $m_{ij}$  representa as unidades de insumos produzidos pelo setor  $i$  usados para produzir uma unidade do produto  $j$  (coeficiente técnico intersetorial) ponderado pela estrutura das atividades que o produzem estimados a partir da matriz de insumo-produto (MIP). Portanto o índice pondera a proporção de emprego nos outros setores pela transação média com o setor de origem do ponto de vista das compras para os consumidores e do ponto de vista das vendas para os fornecedores (note a inversão dos índices no coeficiente técnico). Com isto é possível verificar o impacto de todos os setores sobre o setor em questão utilizando um critério de ponderação com sentido econômico.

Uma variável relevante na análise da atração de empresas ou famílias é o número de desempregados ou de sub-empregados na zona. Isto porque a vinda de empresas para a zona pode não implicar na atração de população obrigatoriamente. Se houver um contingente suficiente de desempregados estes podem ser aproveitados pelas novas empresas. Para testarmos esta influência utilizaremos o número de chefes sem rendimento como uma *proxy* para o total de desemprego ou sub-emprego.

Com exceção da presença de consumidores e de fornecedores todas as demais variáveis podem determinar a proporção de um determinado tipo de domicílio na zona. Em princípio não é possível determinar o sentido da correlação entre a proporção de um determinado setor e a atração de domicílios de um determinado tipo. Por este motivo o emprego por setor bem como os salários médios devem entrar separadamente na especificação para domicílios como veremos mais adiante. A grande dificuldade que se coloca, no entanto, é como verificar a influência das zonas do entorno e com isto incluir o sistema de transporte no modelo.

Se as variáveis discutidas acima são razoáveis para explicar o emprego e o número de domicílios em uma zona, por que estas mesmas variáveis em uma zona vizinha também não seriam? Uma empresa (ou família) deveria estar interessada nos atributos de seus vizinhos ou mesmo nos vizinhos dos vizinhos. Uma hipótese bastante razoável e bastante usual na

literatura<sup>4</sup> é que a importância da zona  $j$  sobre a zona  $z$  é inversamente proporcional ao tempo de deslocamento entre estas duas zonas. Digamos que a matriz de tempos no ano  $t$  seja dada por:

$$V_t = \begin{bmatrix} 0 & v_{1,2,t} & \cdots & v_{1,n,t} \\ v_{2,1,t} & 0 & \cdots & v_{2,n,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n,1,t} & v_{n,2,t} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Onde  $v_{z,j,t}$  é o tempo de deslocamento entre a zona  $z$  e  $j$  e  $n$  é o número de zonas. A partir desta matriz podemos definir a “matriz de distâncias” como:

$$W_t \equiv \begin{bmatrix} 0 & (1/v_{1,2,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} & \cdots & (1/v_{1,n,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} \\ (1/v_{2,1,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} & 0 & \cdots & (1/v_{2,n,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (1/v_{n,1,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} & (1/v_{n,2,t}) / \sum_j 1/v_{1,j,t} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\equiv \begin{bmatrix} 0 & w_{1,2,t} & \cdots & w_{1,n,t} \\ w_{2,1,t} & 0 & \cdots & w_{2,n,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n,1,t} & w_{n,2,t} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

Note que se multiplicarmos a matriz por um vetor ( $n \times 1$ ) obteremos um novo vetor no qual cada linha é a soma de todas as zonas exceto a zona de origem ponderada pelo inverso do tempo de deslocamento (“distância”). A somatória do inverso do tempo de deslocamento apenas normaliza o vetor de tal sorte que a soma das linhas é igual a 1. Podemos então usar a matriz de distâncias para criar uma variável que é a síntese do efeito das demais zonas sobre a proporção do emprego ou dos domicílios em uma determinada zona. Por exemplo, se definirmos o vetor de proporção do emprego  $E'_{s,t} \equiv [e_{1,s,t}, \dots, e_{n,s,t}]$ ,  $W_t E'_{s,t}$  é um vetor ( $n \times 1$ ) onde cada linha é a soma das proporções do emprego no setor  $s$  em cada uma das zonas ponderado pela “distância” entre as zonas. Para entender um pouco melhor como funciona esta soma ponderada vale a pena observar um exemplo simples com apenas três zonas:

$$W_t E'_{s,t} \equiv \begin{bmatrix} 0 & w_{1,2,t} & w_{1,3,t} \\ w_{2,1,t} & 0 & w_{2,3,t} \\ w_{3,1,t} & w_{3,2,t} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1,s,t} \\ e_{2,s,t} \\ e_{3,s,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{1,2,t}e_{2,s,t} + w_{1,3,t}e_{3,s,t} \\ w_{2,1,t}e_{1,s,t} + w_{2,3,t}e_{3,s,t} \\ w_{3,1,t}e_{1,s,t} + w_{3,2,t}e_{2,s,t} \end{bmatrix}$$

<sup>4</sup> Vide, inter alia, Anslin (1998).

Ou seja, neste exemplo, para a zona 1, a variável será a soma ponderada do emprego nas zonas 2 e 3 e assim por diante. Assim podemos construir uma variável que permite que se quantifique o efeito das demais zonas nos atributos da zona que se está estudando utilizando as linhas do vetor acima como variáveis explicativas do modelo. O termo que entra em cada observação pode ser escrito como:

$$e_{s,z,t}^w \equiv \sum_{j \neq z} w_{j,z,t} e_{s,j,t}$$

Onde denominaremos os termos que contemplam o efeito das demais zonas pelo sobrescrito  $w$ . Além de permitir a inclusão do efeito da vizinhança sobre a decisão de localização este procedimento permite que se estime o efeito do trecho sul do Rodoanel. Em primeiro lugar a correlação entre o emprego ou o número de domicílios e a “distância” bem como todas as outras correlações podem ser obtidas através dos dados dos setores censitários de 1991, 1996 e 2000 combinados com os dados da RAIS por empresa e a matriz de tempos (fornecida pela Dersa) para estes mesmos anos. A partir desta correlação, utilizando a matriz de tempos para 2010 com e sem o trecho sul do Rodoanel pode-se estimar o total de empregos nas zonas do entorno com e sem a construção da via.

A estratégia básica de estimação é assumir que a decisão de localização das empresas e das famílias leva em conta as variáveis definidas anteriormente mas que estas variáveis definem essencialmente a distribuição da população e do emprego nas zonas (e não o total do emprego na RMSP). Para encontrarmos o total do emprego na RMSP por setor em 2005, 2010 e 2020 utilizaremos uma estimativa da elasticidade do emprego em relação ao salário e ao produto utilizando as projeções da Macrométrica para o Brasil<sup>5</sup>. Já para a estimativa da população utilizaremos a projeção populacional da Fundação Seade associada a uma hipótese de que não haverá mudança na distribuição de renda no período.

### **Base de dados**

Uma das principais dificuldades num trabalho nesta escala é a obtenção de dados. Uma parte considerável do esforço foi justamente na construção de uma base confiável. Nesta seção detalhamos a metodologia de construção da base para ajudar na compreensão dos limites da análise. Além do que, as aproximações partem de duas bases disponíveis para todo o Brasil e relativamente comuns na maioria dos países: pesquisas domiciliares e registros administrativos. Assim, acreditamos que seja possível replicar esta metodologia para outros países ou regiões do Brasil.

Os dados referentes a emprego e massa salarial por zonas OD foram obtidos através do cotejamento de duas bases de dados: uma tabulação especial dos dados do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS) elaborada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) com os microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) para 1996 e do Censo Demográfico de 1991 e 2000 (ambos do IBGE).

---

<sup>5</sup> Vide [www.macrometrica.com.br](http://www.macrometrica.com.br).

A RAIS para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) compreende um total de 727.822 empresas das quais 450.103 apresentaram RAIS negativa, ou seja, não apresentavam nenhum funcionário com carteira assinada em dezembro de 2000. Para as demais empresas, a pesquisa apresenta o número de empregados e massa salarial (em salários mínimos). A agregação destes dados por zona OD foi realizada cruzando a informação de CEP da empresa com os códigos de CEP correspondentes às zonas. Houve uma perda de aproximadamente 2% dos estabelecimentos e 10% do emprego. Além da impossibilidade de encontrar a distribuição espacial do total de empresas cadastradas, os dados referem-se exclusivamente ao mercado formal, visto que o MTE recolhe os dados para fins de estatísticas oficiais.

Para corrigir esses erros de medida foram criados fatores a partir dos micro-dados do Censo de 1991 e 2000 e da PNAD de 1996. Como as pesquisas demográficas refletem todo o mercado (formal e informal) e, ao mesmo tempo, o estoque de emprego por setor na RMSP, optamos por esta única correção.

Uma dificuldade particular encontrada na compilação desses dados foi a compatibilização dos códigos de atividade da PNAD com a classificação do CNAE. O detalhamento das atividades encontra-se no anexo IV do dicionário da base de pessoas da PNAD. São 169 atividades detalhadas em cerca de 8500 atividades<sup>6</sup>, que foram compatibilizadas com os setores do Cadastro Nacional de Atividades Empresariais (CNAE) do Ministério do Trabalho. Quando as atividades listadas apresentavam códigos idênticos na PNAD e distintos na CNAE, os setores foram agregados. Ocorre que a tanto a classificação do MTE quanto a do Ibge sofreram alterações nos anos estudados. A classificação de atividades do Ibge foi alterada em 2000 enquanto a classificação do MTE foi alterada em 1994. Assim, foi necessário compatibilizar 4 classificações: Censo de 1991/PNAD 1996; RAIS 1991; RAIS 1996/2000 e Censo 2000.

A menor desagregação do Produto Interno Bruto (PIB) está disponível por Estados da Federação, segundo fonte do IBGE. Os dados são fornecidos anualmente e divididos por setores de acordo com uma classificação própria. Seguindo o padrão para todos os dados monetários, os dados foram corrigidos para dezembro de 2000 pela variação do IGP-di e reagrupados de acordo com a classificação da OD. Para o cálculo do PIB por setor por zonas OD assumiu-se que este acompanha a proporção da massa salarial por zonas OD.

As informações sobre a população, o número de domicílios, o número de chefes de família por rendimento, e o rendimento médio mensal para a RMSP foram extraídas do resultado do universo do Censo Demográfico por Setor Censitário para 1991 e 2000 e a partir da Contagem de 1996. Para compatibilizar setores censitários com as zonas OD, foram calculados os centróides de cada setor censitário identificando a zona a qual pertenciam. Assim, as variáveis para cada zona OD expressam o somatório de um grupo de setores censitários.

---

<sup>6</sup> A informação disponível refere-se apenas às 169 atividades. O detalhamento permite maior precisão no cruzamento das duas classificações (PNAD e CNAE).

O número de chefes por rendimento foi agrupado em cinco faixas de renda mais um grupo sem rendimento declarado para servir de aproximação para o número de desempregados na zona. As faixas de renda foram definidas a partir dos dados da PNAD de 1999, com valores deflacionados para a data do censo demográfico de 2000 - setembro de 2000 - de tal forma que cada faixa corresponde-se a aproximadamente um quintil da população.<sup>7</sup>

### Modelo de simulação

A simulação é realizada em três etapas. Na primeira etapa utilizou-se uma adaptação da metodologia proposta em Graham e Spence (2000). A variação do emprego é explicada pela variação do salário médio e do produto no setor a partir das elasticidades setoriais. Para o cálculo das elasticidades do emprego assume-se uma função de produção com elasticidade de substituição constante (CES – Constant Elasticity of Substitution) entre capital e trabalho. Dado que o salário é igual à produtividade marginal do trabalho, é possível demonstrar que as elasticidades podem ser estimadas a partir da seguinte especificação<sup>8</sup>:

$$\ln(w_{s,z,t}) = \beta_{s,z} + \beta_{s,t} + \lambda_s \ln(\lambda_{s,z,t} Y_{s,z,t}) + \gamma_s \ln(e_{s,z,t}) + u_{s,z,t} \quad (1)$$

Onde  $\beta_{s,z}$  e  $\beta_{s,t}$  são parâmetros para controle de efeitos específicos e temporais. A partir da especificação acima é fácil de verificar que a elasticidade emprego do salário no setor  $i$  ( $\varepsilon_s^w$ ) pode ser estimada por  $1/\gamma_s$  e a elasticidade-emprego do produto ( $\varepsilon_s^Y$ ) pode ser estimada por  $-(\lambda_s/\gamma_s)$ . Assumindo que as elasticidades permanecem constantes ao longo do tempo, pode-se estimar a variação no emprego dadas projeções do salário médio e do produto. A partir desta estimativa é possível obter a variação do emprego no período  $T$ :

$$e_{s,z,t}^1 = [(1 + \varepsilon_s^w)\Delta w_{s,T} + (1 + \varepsilon_s^Y)\Delta Y_{s,T}]e_{s,z,t-T} \quad (2)$$

Conforme apresentado anteriormente,  $e_{s,z,t}$  representa o total do emprego no setor  $s$  na zona  $z$  em  $t$ . O sobrescrito indica que se trata da primeira rodada da simulação como deve ficar claro mais adiante;  $\Delta w_{s,T}$  e  $\Delta Y_{s,T}$  são, respectivamente, a variação percentual média do salário e do produto no setor  $i$  no período  $T$ , ambos estimados pela macrométrica<sup>9</sup>. Em termos vetoriais a equação (2) pode ser escrita como:

$$\mathbf{E}_t^1 = \boldsymbol{\varepsilon}_T \mathbf{E}_{t-T} \quad (2')$$

Onde  $\boldsymbol{\varepsilon}_T$  é uma matriz (9x9) com o termo entre colchetes da equação (2) na diagonal (0 nas demais casas) e  $\mathbf{E}_t$  é uma matriz de emprego (9x392) composta pelo emprego no setor  $i$  na zona  $z$  na linha  $i$ , coluna  $z$ .

<sup>7</sup> Na realidade, o corte poderia ser melhor não fosse o fato de que as categorias não permitem quebras mais detalhadas.

<sup>8</sup> Trata-se de uma adaptação da equação (16) em Graham e Spence (2000 – pg. 178). A especificação dos autores na realidade é mais genérica. Para detalhes na derivação da especificação apresentada em (1) vide Biderman et alli (2003).

<sup>9</sup> A macrométrica calcula apenas a variação da massa salarial. Utilizamos este dado para a variação no salário de todos os setores.

Necessitamos também de estimativas iniciais para o número de domicílios. Neste caso pudemos utilizar as previsões de população realizadas pelo Seade para os municípios da RMSP e estimar o total de domicílios por classe de renda com duas hipóteses adicionais: *i.* o número de moradores por domicílio não se altera; *ii.* a distribuição de renda não se altera no período e; *iii.* a distribuição de renda é uniforme ao longo das classes de renda. Ainda que estas hipóteses possam ser consideradas fortes, não acreditamos que o Rodoanel influencie no número de moradores por domicílio ou na distribuição de renda. Em outras palavras, ainda que estas hipóteses nos levem a distorcer a projeção (caso não se realizem), as diferenças não estão relacionadas com a implantação do Rodoanel. Dadas estas hipóteses a projeção inicial para o número de domicílios por classe de renda do chefe será dada por:

$$D_{r,z,t}^1 = \left[ \frac{R_r^{\max} (1 + p_T) - R_r^{\min} (1 + \Delta w_T)}{(R_r^{\max} - R_r^{\min})(1 + \Delta w_T)} \right] (1 + p_T) D_{r,z,t-T} \quad r = (E, D, C, B, A);$$

$$+ \left[ 1 - \frac{R_{r-1}^{\max} (1 + p_T) - R_{r-1}^{\min} (1 + \Delta w_T)}{(R_{r-1}^{\max} - R_{r-1}^{\min})(1 + \Delta w_T)} \right] (1 + p_T) D_{r-1,z,t-T} \quad D_{E-1,z,t} \equiv 0 \quad (3)$$

Onde  $D_{r,z,t}$  representa o número de domicílios na classe  $r$ , na zona  $z$  no ano  $t$ . Note que  $r-1$  representa a classe de renda anterior. Por exemplo, se  $r$  corresponde à classe C,  $r-1$  corresponderá à classe D.  $R_r^{\max}$  e  $R_r^{\min}$  correspondem, respectivamente, ao salário máximo e mínimo de cada classe de renda. Por exemplo,  $R_C^{\max} = 5$  salários mínimos e  $R_C^{\min} = 3$  salários mínimos;  $p_T$  é a variação da população estimada pela Fundação Seade para o período; e  $\Delta w_T$  a variação da massa salarial prevista pela macrométrica para o período  $T$ .

Vale a pena discutir a intuição que está por trás da estimativa em (3). O primeiro termo em colchetes representa a parcela da população de classe  $r$  que permanece nesta classe não obstante o aumento generalizado de renda. Isto porque apenas os domicílios localizados no extremo da distribuição têm condições de mudar de classe. Por exemplo, se a renda *per capita* crescer 100% no período apenas os domicílios para os quais a renda do chefe estava acima de 1 salário mínimo devem mudar da classe E para a classe D. O segundo termo representa o número de domicílios da classe de renda inferior que mudaram para esta classe como deve ficar claro observando-se o segundo termo em colchetes na equação (3). Assumimos adicionalmente que o total de domicílios cujo chefe não apresentava rendimentos em  $t-T$  cresce à mesma taxa que a população. Novamente esta estimativa pode ser escrita na forma matricial:

$$\mathbf{D}_t^1 = \mathbf{F}_T \mathbf{D}_{t-T} \quad (3')$$

Onde  $\mathbf{F}_T$  é uma matriz (6x6) com o primeiro termo entre colchetes da equação (3) acima na diagonal e, para as classes de renda superiores a E, o segundo termo na coluna adjacente à diagonal (0 nas demais casas)<sup>10</sup>;  $\mathbf{D}_t$  é uma matriz de renda (6x392) composta pelo número

<sup>10</sup> Para os domicílios sem rendimento haverá apenas o termo da diagonal assim como para a classe E. No entanto, o valor será simplesmente  $1+p_T$  dada a hipótese adicional descrita no parágrafo anterior.



de domicílios cujo chefe fosse de classe  $r$  na zona  $z$  no ano  $t$  na linha  $r$ , coluna  $z$ . Também neste caso o sobrescrito indica que se trata da primeira rodada da simulação.

Uma vez determinado o número de domicílios a partir de estimativas agregadas (variação do produto, da massa salarial e o crescimento populacional) devemos realocar o emprego e os domicílios entre as zonas em função das variáveis discutidas anteriormente. Estima-se inicialmente o total do emprego e de domicílios por zona e em seguida sua distribuição (em termos de setores e classes). Para saber como o total do emprego e o número de domicílios se relacionam com as variáveis rodamos duas regressões com a porcentagem do emprego na zona como variável dependente na primeira e com a porcentagem de domicílios na zona como variável dependente na segunda regressão. Mais formalmente, a especificação testada foi:

$$\begin{aligned} \frac{e_{z,t}}{e_t} = & \alpha + \delta_z + \delta_t + \lambda_1 \ln(d_{s,z,t}^e) + \lambda_2 \ln(d_{s,z,t}^p) + \kappa_1 \ln(w_{s,z,t}) + \kappa_2 \ln(y_{s,z,t}) \\ & + \sum_s \beta_s e_{s,z,t}^w + \sum_s \gamma_s c_{s,z,t}^w + \sum_s \mu_s f_{s,z,t}^w + \sum_r \phi_r D_{r,z,t} + \sum_r \varphi_r D_{z,r,t}^w + v_{z,t} \end{aligned} \quad (4)$$

Onde  $\alpha$  é um intercepto fixo (para todas as zonas e períodos),  $\delta_z$  um efeito fixo por zona e  $\delta_t$  um efeito temporal. As outras variáveis foram definidas anteriormente e as demais letras gregas são parâmetros a serem estimados. Note-se que há três blocos de parâmetros na especificação (4). Na primeira linha aparecem os parâmetros referentes às variáveis agregadas por zona: densidade de emprego e de domicílios, salário médio e renda média. Na segunda linha as três primeiras somatórias referem-se às variáveis por setor de atividade e por zona enquanto as duas últimas somatórias referem-se às variáveis por classe de renda por zona. A variável  $v_{z,t}$  é um erro aleatório com as características usuais.

Note que a especificação (4) gera uma equação para a proporção do emprego na zona. Para estimarmos efetivamente o total de postos necessitamos do total de emprego na RMSP em  $t+1$ . Para obter o total de emprego utilizaremos as estimativas da primeira rodada detalhada anteriormente. Isto porque assumimos que o Rodoanel não é capaz de alterar o total de emprego na RMSP, apenas a sua distribuição. Na realidade, todas as variáveis acima devem utilizar os resultados da primeira rodada para estimar a redistribuição do emprego como deve ficar claro em seguida. A partir dos parâmetros estimados pela especificação (4) podemos definir um “coeficiente bruto” ( $c_{z,t}^{eb}$ ) de correção da distribuição do emprego da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} c_{z,t}^{eb} \equiv & \alpha + \delta_z + \delta_t + \lambda_1 \ln(d_{s,z,t}^{e1}) + \lambda_2 \ln(d_{s,z,t}^{p1}) + \kappa_1 \ln(w_{s,z,t}) + \kappa_2 \ln(y_{s,z,t}) \\ & + \sum_s \beta_s e_{s,z,t}^{w1} + \sum_s \gamma_s c_{s,z,t}^{w1} + \sum_s \mu_s f_{s,z,t}^{w1} + \sum_r \phi_r D_{r,z,t}^1 + \sum_r \varphi_r D_{z,r,t}^{w1} \end{aligned} \quad (5)$$

Onde o índice 1 incluído no sobrescrito reforça o fato de que estamos utilizando a projeção da primeira rodada. Note-se que o cálculo da matriz de empregos e de domicílios resumido nas equações (2') e (3') permitem que se calcule todas as variáveis da equação (5). Este coeficiente é uma estimativa da redistribuição visto que os parâmetros calculados para

década de 90 a partir da especificação (4) representam a sensibilidade da distribuição às variáveis de interesse. Como é usual em simulações deste tipo o coeficiente bruto deve ser normalizado de tal forma que a soma ao longo das zonas resulte em 1. Além do mais, para manter uma conexão com os dados iniciais, o coeficiente bruto deve ser ponderado pelo estoque original de emprego. Mais formalmente, definimos o coeficiente líquido como:

$$c_{z,t}^e \equiv \frac{c_{z,t}^{eb} e_{z,t}^1}{\sum_z c_{z,t}^{eb} e_{z,t}^1} \quad (6)$$

É fácil de verificar, observando-se a semelhança entre (4) e (5) somada à condição de normalização em (6) que  $c_{z,t}^e \rightarrow e_{z,t} / e_t$ . Portanto, um indicador para a variação do emprego na zona  $z$  no período  $T$  seria:

$$e_{z,t} = e_{z,t-T} + c_{z,t}^e \Delta e_T \quad (7)$$

Onde  $\Delta e_{z,T}$  representa a variação do emprego na zona  $z$  no período entre  $t$  e  $t-T$  e  $\Delta e_T$  representa a variação do emprego total no período. Podemos então encontrar o emprego levando em conta a sensibilidade ao emprego da vizinhança, a presença de domicílios por classe de renda e as demais variáveis discutidas anteriormente.

Note-se que até o momento nenhuma restrição foi realizada com relação à simulação. Como a somatória dos coeficientes pode ser positiva ou negativa, em princípio as zonas podem ganhar ou perder emprego dependendo da somatória dos coeficientes para a sua zona específica. No entanto, é necessário realizar uma restrição: não existe emprego negativo. Assim, se  $e_{z,t}$  estimado por (7) acima for negativo será considerado que a oferta de empregos na zona é igual a zero.

Um outro aspecto fundamental do coeficiente adotado é a ponderação pelo emprego calculado na primeira rodada. Ocorre que a primeira rodada, por construção, não permite que uma zona sem oferta de emprego em  $t-T$  tenha emprego em  $t$  como deve ficar claro por inspeção da equação (2). No entanto, há evidência de algumas zonas sem emprego em 1996 que passaram a ter oferta de emprego em 2000. Uma outra evidência da comparação entre as zonas sem emprego em 1996, mas com emprego em 2000, é que o aumento do emprego leva a zona no máximo para o primeiro quartil em 2000. Assim, para permitir dentro do nosso modelo que uma zona sem emprego em 2000 oferte emprego em 2010 ponderamos os coeficientes positivos das zonas sem emprego em 2000 pelo valor máximo do primeiro quartil em 2010.

Para os coeficientes negativos encontrados para as zonas sem emprego em 2000 assumimos que estas zonas não reuniam condições suficientes para dar um “salto” no emprego. Procedimento idêntico foi adotado em 2020 em relação a 2010. Esta definição implica que se o coeficiente (positivo) da zona estiver próximo da média da RMSP a zona deve saltar para o máximo do primeiro quartil em 2010. Os coeficientes negativos das zonas sem emprego em  $t-T$  foram desconsiderados do processo de normalização enquanto o controle

de emprego negativo só pode ser realizado no final. Por este motivo o emprego total simulado na segunda rodada pode ser diferente da primeira rodada. Na prática esta diferença é desprezível exceto no caso de utilizarmos indicadores não ponderados como discutiremos mais adiante ao analisarmos a sensibilidade do modelo.

O procedimento para encontrar o número de domicílios por zona é essencialmente idêntico ao descrito para o emprego. Estima-se uma especificação para os dados da década de 90. A partir dos parâmetros calcula-se um coeficiente utilizando-se a primeira rodada de simulações. Este coeficiente é normalizado de forma ponderada gerando então o estimador do número de domicílios no período seguinte. O equivalente às equações (4), (6) e (7) acima aparecem abaixo nas equações (8), (9) e (10).

$$\frac{D_{z,t}}{D_t} = \alpha + \delta_z + \delta_t + \lambda_1 \ln(d_{s,z,t}^e) + \lambda_2 \ln(d_{s,z,t}^p) + \kappa_1 \ln(w_{s,z,t}) + \kappa_2 \ln(y_{s,z,t}) + \sum_s \beta_s e_{s,z,t}^w + \sum_s \gamma_s e_{s,z,t}^r + \sum_r \varphi_r D_{z,r,t}^w + v_{z,t} \quad (8)$$

$$c_{z,t}^d \equiv \frac{c_{z,t}^{db} D_{z,t}^1}{\sum_z c_{z,t}^{eb} D_{z,t}^1} \quad (9)$$

$$D_{z,t} = D_{z,t-T} + c_{z,t}^d \Delta D_T \quad (10)$$

Onde as variáveis em (8), (9) e (10) são análogas às variáveis definidas em (5), (6) e (7). As variáveis de presença de consumidores e fornecedores foram omitidas pois não acreditamos que a decisão das famílias seja explicada pela presença de consumidores ou de fornecedores de um setor específico. Cometendo um abuso de notação denominamos com a mesma letra os parâmetros da especificação para o emprego e para os domicílios. Uma variável ainda não definida é o “emprego relativo” ( $e_{s,z,t}^r$ ) que aparece na segunda somatória da segunda linha da especificação (8):

$$e_{s,z,t}^r \equiv \frac{e_{s,z,t}}{e_{z,t}} \frac{e_t}{e_{s,t}}$$

O emprego relativo aponta a proporção de um setor em uma zona em relação à proporção média deste setor na RMSP. Por exemplo, se o setor financeiro representa 10% da RMSP mas 20% do emprego em uma determinada zona o emprego relativo nesta zona será 2. Quando a proporção de um setor for exatamente igual à proporção média da RMSP o emprego relativo será igual a 1. Este será um indicador fundamental na estimativa da distribuição setorial e por classes discutida a seguir. O grande mérito deste indicador é que a simples proporção do emprego no setor em relação a RMSP seria altamente influenciada pelo total de emprego na zona enquanto a simples proporção do setor na zona seria influenciada pela proporção do setor na RMSP. Este indicador é neutro a estes aspectos.

A partir da estimação destas especificações e da construção dos coeficientes a partir dos parâmetros estimados é possível simular o total de emprego e de domicílios por zona em um período futuro em função da matriz de tempos. Note-se que esta é a maneira como o

sistema de transportes influencia a decisão das empresas ou famílias. Uma melhoria no sistema de transportes melhora o acesso das empresas aos seus consumidores, fornecedores e aos domicílios que são clientes finais e também trabalhadores das empresas. Os trabalhadores também estão interessados no seu acesso aos postos de trabalho, aos produtos produzidos pelas empresas e aos outros domicílios. Todos estes aspectos são capturados pelo modelo. Mudanças na matriz de tempos alteram estes acessos e, potencialmente, as decisões das empresas e famílias.

Além da variação no total de postos de trabalho e domicílios estamos também interessados na distribuição interna destas variáveis. Particularmente estamos interessados em saber quais setores de atividades devem prevalecer em cada zona e também a distribuição espacial da renda. Estas variáveis já têm sido utilizadas em todas as estimações mas, até o momento, não havíamos simulado a própria distribuição. Esta estimativa segue essencialmente o caminho proposto na seção anterior com a restrição de que o total do emprego e do número de domicílios por zona seja igual ao estimado na etapa anterior. As regressões utilizam como variável dependente o emprego relativo e o número de “domicílios relativos”, índice definido por:

$$D_{r,z,t}^r \equiv \frac{D_{r,z,t}}{D_{z,t}} \frac{D_t}{D_{r,t}}$$

A interpretação do número de domicílios relativos é essencialmente igual a do emprego relativo discutida anteriormente. O número de domicílios relativo será 1 se a proporção de uma determinada classe for igual à proporção média na RMSP. As especificações para estimativa do emprego relativo e do número de domicílios relativos aparecem nas equações (11) e (12) abaixo:

$$e_{s,z,t}^r = \alpha + \delta_z + \delta_t + \lambda_1 \ln(d_{s,z,t}^e) + \lambda_2 \ln(d_{s,z,t}^p) + \kappa_1 \ln(w_{s,z,t}) + \kappa_2 \ln(y_{s,z,t}) \\ + \pi_s c_{s,z,t} + \sigma_s f_{s,z,t} + \beta_s e_{s,z,t}^w + \gamma_s c_{s,z,t}^w + \mu_s f_{s,z,t}^w + \sum_r \phi_r D_{r,z,t} + \sum_r \varphi_r D_{z,r,t}^w + v_{z,t} \quad (11)$$

$$D_{r,z,t}^r = \alpha + \delta_z + \delta_t + \lambda_1 \ln(d_{z,t}^e) + \lambda_2 \ln(d_{z,t}^p) + \kappa_1 \ln(w_{z,t}) + \kappa_2 \ln(y_{z,t}) \\ + \sum_{j \neq r} \varphi_{r,j} D_{j,z,t} + \sum_s \beta_s e_{s,z,t}^w + \sum_s \gamma_s e_{s,z,t}^r + \sum_r \varphi_r D_{z,r,t}^w + v_{z,t} \quad (12)$$

Na determinação do emprego relativo levamos em conta apenas os consumidores e fornecedores e os vizinhos deste setor além das classes de renda. Para a determinação do número de domicílios relativos utilizamos a presença de todas as classes exceto a que pretendemos estimar além dos vizinhos. Note que devemos estimar nove regressões setoriais utilizando a especificação (11) e 6 regressões por classe utilizando a especificação (12). A partir de (11) e (12) podemos construir um coeficiente bruto no mesmo espírito explorado na seção anterior. O coeficiente líquido, no entanto, deve garantir que o total de empregos e de domicílios da zona se mantenha igual ao calculado na seção anterior. Assim, os coeficientes (ponderados) normalizados podem ser estimados por:

$$c_{s,z,t}^s \equiv \frac{c_{s,z,t}^{sb} e_{s,z,t}^1}{\sum_s c_{s,z,t}^{sb} e_{s,z,t}^1} \quad (13)$$

$$c_{r,z,t}^r \equiv \frac{c_{r,z,t}^{rb} D_{r,z,t}^1}{\sum_r c_{r,z,t}^{rb} D_{r,z,t}^1} \quad (14)$$

E, a partir desta definição, podemos estimar o emprego por setor de atividade e o número de domicílios por classe de renda para as zonas OD a partir de (15) e (16) abaixo:

$$e_{s,z,t} = e_{s,z,t-T} + c_{s,z,t}^s \Delta e_{z,T} \quad (15)$$

$$D_{r,z,t} = D_{r,z,t-T} + c_{r,z,t}^r \Delta D_{z,T} \quad (16)$$

Também para as simulações implícitas em (15) e (16) permitimos que as zonas sem nenhum emprego de um determinado setor ou domicílio de uma determinada faixa de renda dessem um “salto” e não permitimos emprego ou domicílios negativos.

### Análise dos resultados

Como deve ter ficado claro pela exposição anterior, a simulação nos gera dados para 9 setores e 6 classes de renda para 392 zonas de tráfego da RMSP. Para analisar tamanha quantidade de dados a partir de tabelas é necessário algum critério de agregação. A Tabela abaixo apresenta o total de emprego e domicílio previsto para 2010 com e sem o trecho sul do Rodoanel para seis grandes áreas da RMSP. O fato mais relevante desta tabela é que o efeito do Rodoanel sobre a decisão de localização das famílias e empresas é desprezível para qualquer nível de significância. As diferenças percentuais não foram apresentadas pois os valores absolutos já chamam a atenção para o fenômeno de maneira inequívoca.

Tabela 1: Projeção de Emprego e Número de Domicílios em 2010 para dois Cenários: com e sem o Trecho Sul do Rodoanel (valores em milhares)

Região de Influência	Com trecho sul		Sem trecho sul	
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios
Anel Externo	158	200	158	200
Centro	5.908	2.652	5.908	2.653
Leste	351	656	351	656
Norte	464	618	464	619
Oeste	707	637	707	637
Sul	396	808	396	808

Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.

Mesmo na escala da “zona” (ou seja, aproximadamente a escala do “bairro”), não se nota diferenças consideráveis que podem ser atribuídas ao trecho sul do Rodoanel. Nota-se apenas um efeito de magnitude muito baixa (menos de 0,1%) em algumas poucas zonas. Em particular, para os nossos interesses, há algum impacto (nesta magnitude) sobre

Suzano, mais especificamente na zona de Ouro Fino, e sobre Santo André, mais especificamente em Paranapiacaba. Ainda assim, os resultados são muito pequenos para induzir qualquer mudança significativa por conta deste resultado.

Também analisando a variação no emprego por zona OD a diferença é desprezível ainda que mais pronunciada do que na análise da variação no número de domicílios. O Rodoanel gera um impacto de até 1,4% no emprego de determinadas zonas. No entanto, este resultado deve ser qualificado. Em primeiro lugar, a zona que apresenta variação no limite da faixa (1,4%) é a zona denominada de “Caminho do Mar” no extremos sul da RMSP em São Bernardo do Campo. Ocorre que esta zona atualmente apresenta uma oferta de postos de trabalho extremamente baixa. Na realidade a pesquisa OD de 1997 não identificou nenhum morador ou posto de trabalho nesta zona. Em 2010 sem a implantação do trecho sul do rodanel, estimamos uma oferta de 430 postos contra 436 com a implantação do trecho sul. Ou seja, uma mudança de apenas 6 postos de trabalho que, nesta escala, acaba representando uma porcentagem considerável. A outra zona de São Bernardo do Campo adjacente (ao norte) da Caminho do Mar, denominada “Reservatório Billings” apresenta a segunda maior variação relativa (0,23%) porém a maior variação em termos absolutos (54 postos de trabalho).

De todo modo, a variação é de magnitude muito pequena. Vale apenas notar que a área urbanizada no Reservatório Billings é muito pequena. Além do mais, a simulação não fornece valores exatos mas sim uma tendência. Neste sentido pode valer a pena uma atenção especial para São Bernardo do Campo no que tange a oferta de empregos. É interessante também entender como este resultado ocorreu. Dada a proposta do Rodoanel com um número bastante reduzido de acessos, as zonas do seu entorno praticamente não recebem vantagens diretas com a sua construção. As zonas onde se nota alguma variação estão justamente em um dos poucos acessos deste, ou seja, próximas à Rodovia dos Imigrantes.

Algumas zonas distantes do trecho sul do Rodoanel também são (tendencialmente) afetadas pelo mesmo. Sobretudo notam-se algumas zonas centrais da região com impacto positivo no emprego. Ocorre que o Rodoanel melhora a acessibilidade de algumas zonas do seu entorno mas, ao mesmo tempo, reduz o tempo de deslocamento no centro ao retirar caminhos que estariam circulando pela marginal dos rios Pinheiros e Tietê. Este fato explica em parte porque o efeito do Rodoanel no que se refere à atração de empresas ou famílias é desprezível. Se, por um lado, favorece algumas poucas zonas do seu entorno (aquelas próximas às áreas de acesso) por outro favorece zonas centrais. O resultado líquido acaba sendo desprezível como demonstra a simulação.

Um outro aspecto que é sempre bom lembrar é que estamos preocupados com o impacto do Rodoanel sobre o número de domicílios ou de postos de trabalho. O fato de o Rodoanel ter um impacto muito reduzido sobre estas zonas não significa que o total de domicílios ou de postos de trabalho não venha a crescer nestas regiões durante a primeira década do milênio. A Tabela 2 apresenta a variação estimada deixando claro que as famílias estão se dirigindo preferencialmente para a periferia em detrimento do centro. O resultado para os postos de trabalho é mais ambíguo. Ainda que o centro esteja recebendo proporcionalmente menos

postos do que o Anel Externo ou mesmo o trecho Oeste, está ligeiramente abaixo do Norte em termos de captação de empresas e bem acima do Sul e do Leste.

Tabela 2: Variação do Emprego e do Número de Domicílios (2000 a 2010)

Região de Influência	Dados 2000		Simulação 2010		Variação no período	
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios
Anel Externo	123	176	158	200	29%	14%
Centro	5.297	2.390	5.908	2.653	12%	11%
Leste	349	573	351	656	1%	15%
Norte	406	527	464	619	14%	17%
Oeste	579	545	707	637	22%	17%
Sul	392	695	396	808	1%	16%

Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.

Mesmo depois de maturado o investimento em 2020, o Rodoanel não altera a tendência das periferias da RMSP como se pode notar na Tabela 3. Comparando o resultado agregado para as regiões de influência não se nota nenhuma diferença na escala do milhar para qualquer cenário reforçando a conclusão anterior que indica que esta não é uma fonte relevante de preocupação por parte dos empreendedores do Rodoanel ou da sociedade civil.

Tabela 3: Projeção de Emprego e Número de Domicílios em 2020 para três Cenários: Rodoanel Completo, Apenas o Trecho Sul do Rodoanel e apenas o Trecho Oeste (valores em milhares)

Região de Influência	Rodoanel Completo		Trecho Sul + Oeste		Apenas Trecho Oeste	
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios
Anel Externo	200	214	200	214	200	214
Centro	6.447	2.796	6.446	2.796	6.446	2.796
Leste	346	702	346	702	346	702
Norte	527	669	527	669	527	669
Oeste	850	689	850	689	850	689
Sul	394	871	394	871	394	871

Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.

A simulação para 2020 também considera o impacto do Rodoanel na variação no número de domicílios para os dois cenários alternativos: Rodoanel completo e apenas trecho Sul *vis a vis* a situação atual (apenas trecho Oeste). Como na simulação anterior, para as poucas zonas que registram algum aumento no número de domicílios, a variação é muito pequena, abaixo de 0,2%. Isto vale tanto para o trecho sul como para o Rodoanel completo. É interessante observar que para o Rodoanel completo impacta mais zonas do que os trechos isolados, como seria de se esperar. Na realidade o Rodoanel completo, no que se refere ao número de domicílios, tem impacto sobretudo sobre as zonas da região leste da RMSP. Além do mais, fica claro que as zonas privilegiadas são as zonas internas ao Rodoanel e não as externas. A simulação demonstra que o Rodoanel na sua versão integral tem o efeito

de beneficiar mais o centro do que a periferia no que tange a decisão de localização das empresas e das famílias.

### **Análise de Sensibilidade**

O resultado obtido pela simulação é bastante forte. Como vimos, o Rodoanel não tem praticamente nenhum impacto sobre a atração de emprego ou famílias para o seu entorno. Este resultado está ligado à característica da via. Trata-se de uma via expressa com apenas dois pontos de acesso. Este fato associado a sua característica perimetral faz com que ele não privilegie efetivamente as zonas do seu entorno. Apenas as zonas próximas dos acessos ganham no sentido perimetral, o que não representa obrigatoriamente um ganho expressivo visto que a maioria dos empregos está no centro. Resta saber se este resultado é robusto a variações no sistema viário, sobretudo no sentido radial; a variações nas condições iniciais; e a sensibilidade aos próprios coeficientes obtidos.

Uma maneira de testar a sensibilidade ao sistema viário é simular o que ocorre com o modelo quando consideramos (ou não) algumas grandes obras viárias programadas para o período. Nas simulações discutidas na seção anterior considerou-se que as seguintes obras estariam completas em 2010: *i.* Avenida Jacu – Pêssego: melhoria de capacidade ao longo da extensão atual e prolongamento até a rodovia Presidente Dutra; *ii.* Avenida Roberto Marinho (Água Espraiada): prolongamento até a Rodovia dos Imigrantes; e *iii.* diversas intervenções em São Bernardo do Campo<sup>11</sup>.

Todas estas obras, em maior ou menor medida, utilizam o Rodoanel e funcionam essencialmente no sentido radial da RMSP. As simulações testam o impacto do Rodoanel assumindo que uma destas obras não estaria completa em 2010 e a última simulação assume que nenhuma destas obras estaria completa em 2010. O resultado é bastante robusto a qualquer variação no cronograma de obras previstas para o período, ou seja, independente das obras conexas, o Rodoanel não tem papel indutor na decisão de localização das empresas ou das famílias.

Quando observamos o impacto do Rodoanel associado a uma alternativa viária desagregado por zona OD, nota-se também um impacto bastante reduzido com uma única diferença: a obra na Avenida Águas Espraiadas associado ao Rodoanel parece estimular a zona norte da RMSP, mais precisamente a área urbanizada de Mairiporã. Como todos os efeitos simulados, este impacto é de baixa magnitude. Mantendo uma interpretação tendencial para os impactos de baixa magnitude, nota-se que o impacto nas zonas do entorno do cruzamento do Rodoanel com a Imigrantes e a Anchieta é robusto a qualquer variação nas obras programadas para a RMSP no período. Este resultado faz bastante sentido visto que este é justamente um ponto de acesso ao Rodoanel. Uma empresa que se localizasse neste

---

<sup>11</sup> Duplicação de 3,25 km da Estrada Galvão Bueno até o entroncamento com a Rodovia dos Imigrantes; duplicação de 3,1 km da Estrada dos Alvarenga desde o entroncamento com a Estrada da Cama Patente até o início do trecho atualmente duplicado; nova via entre o final do prolongamento da Av. São Paulo, após o túnel de transposição sob a Via Anchieta (km 17) e a Av. Kennedy; duplicação da Av. Winston Churchill; duplicação da Estrada Samuel Aizemberg, entre o trevo da Rodovia dos Imigrantes e as avenidas Humberto de Alencar Castelo Branco e José Odorizzi; extensão para o norte da Av. Robert Kennedy entre a Av. Piraporinha e o Anel Viário Metropolitano e a implantação de um segundo trecho entre o Anel Viário Metropolitano e a Av. do Taboão.



“hub” poderia se comunicar com muito mais facilidade com a zona oeste da RMSP. No entanto, deve-se lembrar que a área urbanizada nesta zona é bem pequena. Em suma, se houver algum impacto esse deve ser bem focado. Portanto é importante que se dê uma atenção especial para esta região, fazendo cumprir as leis de uso do solo vigentes.

Uma outra questão relevante é a sensibilidade às condições iniciais. Os coeficientes utilizados para ajustar o emprego nas zonas para incorporar o efeito das diversas variáveis sobre a decisão locacional foram ponderados tanto pelo total de domicílios e de postos de trabalho inicial – definições (6) e (9) – como pelo estoque inicial de cada setor e classe social – definições (13) e (14). Ainda que este procedimento seja usual em uma micro-simulação urbana, vale a pena testar a sensibilidade do modelo quando se retira a dependência das condições iniciais. Um resultado conhecido da teoria do caos mostra que quando retiramos completamente as condições iniciais, seja nas variáveis agregadas, seja nas variáveis distributivas, o modelo pode divergir completamente para pequenos variações nos parâmetros.

Há portanto duas fontes de perturbação sobre o modelo no que se refere às condições iniciais. Pode-se retirar a ponderação das variáveis agregadas, das variáveis de distribuição ou de ambas. Note que não acreditamos que retirar completamente as condições iniciais seja uma hipótese razoável. Pode ser que o peso desta ponderação seja muito elevado mas consideramos muito improvável que as condições iniciais não tenham nenhuma importância. Ou seja, consideramos que a história importa. O objetivo principal de rodar a simulação sem ponderação é encontrar um teto para o impacto do Rodoanel.

Estudamos a sensibilidade do modelo para as três possibilidades de alteração no critério de ponderação: não ponderação das variáveis agregadas; não ponderação das variáveis distributivas; e nenhuma ponderação. Com isto podemos testar a sensibilidade às diversas variações possíveis no peso das condições iniciais. Assim como na simulação anterior, permitimos que as zonas perdessem emprego, caso o coeficiente calculado fosse negativo.

Tabela 4: Sensibilidade do Modelo às Condições Iniciais: Simulação sem Ponderação Agregada (2010 - valores em milhares)

Região de Influência	Sem trecho sul		Com trecho sul		Variação Emprego	Variação Domicílios
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios		
Anel Externo	295	204	295	204	0,0%	0,0%
Centro	5.751	2.549	5.751	2.549	0,0%	0,0%
Leste	337	614	337	614	0,0%	0,0%
Norte	624	572	624	572	0,0%	0,0%
Oeste	691	578	691	578	0,0%	0,0%
Sul	414	736	414	736	0,0%	0,0%

*Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.*

O primeiro teste, retirando apenas a ponderação agregada, aparece na Tabela 4 abaixo. Ainda que a variação do emprego seja considerável em relação à simulação ponderada (vide Tabela 1 acima), mais uma vez não há impacto do Rodoanel sobre o equilíbrio

urbano. O número de domicílios varia menos em relação ao sistema ponderado mostrando mais uma vez a maior estabilidade das variáveis demográficas.

O primeiro impacto considerável do Rodoanel ocorre quando ponderamos as variáveis agregadas mas não ponderamos as variáveis distributivas. Sob esta hipótese, o modelo se torna instável e a simulação fornece dados bastante díspares quando se adiciona uma perturbação como o Rodoanel. Com o modelo instável, nota-se um crescimento considerável do número de empregos no Leste, no Oeste e no Sul da RMSP. Ainda que a instabilidade do modelo tenha sido “forçada”, é interessante estudar as tendências apontadas. Em primeiro lugar, nota-se que o impacto do Rodoanel se dá essencialmente sobre as regiões leste, oeste e sul, nesta ordem de importância. Esta distribuição do impacto faz sentido na medida que estas são, provavelmente, as áreas potencialmente mais afetadas pela via.

Tabela 5: Sensibilidade do Modelo às Condições Iniciais: Simulação sem Ponderação Desagregada Ajustada (2010 - valores em milhares)

Região de Influência	Sem trecho sul		Com trecho sul		Variação Emprego	Variação Domicílios
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios		
Anel Externo	213	200	197	200	-7,6%	0,0%
Centro	6.223	2.652	5.746	2.652	-7,7%	0,0%
Leste	1.256	656	1.644	656	30,9%	0,0%
Norte	546	619	518	619	-5,1%	0,0%
Oeste	929	637	1031	637	11,1%	0,0%
Sul	460	808	490	808	6,6%	0,0%

*Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.*

O centro, o Anel externo e o Norte perdem empregos que são transferidos para o Leste, Oeste e Sul. Este é o impacto máximo que se poderia observar sobre o Sul, um aumento de 6,6% do emprego. Note-se que o número de domicílios permanece absolutamente inalterado (por conta da entrada do Rodoanel) mesmo nos cenários mais caóticos que se poderia imaginar. A simulação instável pode ser interpretada como uma indicação do que poderia ocorrer se houvesse uma bolha em alguma região. Quando simulamos o modelo sem nenhuma ponderação o efeito bolha desaparece como se pode observar na Tabela 6.

Na simulação sem nenhuma ponderação nota-se uma certa inversão do que se observou na única simulação em que o modelo se tornou efetivamente instável. As regiões Oeste e Sul perdem emprego. Forçando o total do emprego a se manter constante o resultado relativo se manteria. Mais uma vez o que se nota é que o Rodoanel não tem praticamente nenhum efeito de grande porte sobre a região Sul. Quando observamos os resultados desagregados por zona OD o primeiro aspecto que chama a atenção é que as zonas potencialmente problemáticas permanecem. Quer dizer, o entorno do cruzamento do Rodoanel com a Anchieta e Imigrantes é certamente um ponto problemático para o qual deve-se tomar bastante cuidado. Em termos de domicílios, no entanto, não há nenhum indício de zonas problemáticas em qualquer simulação.

Tabela 6: Sensibilidade do Modelo às Condições Iniciais: Simulação sem Nenhuma Ponderação (2010 - valores em milhares)

Região de Influência	Sem trecho sul		Com trecho sul		Variação Emprego	Variação Domicílios
	Emprego	Domicílios	Emprego	Domicílios		
Anel Externo	279	204	279	204	0,0%	0,0%
Centro	5.741	2.549	5.744	2.549	0,1%	0,0%
Leste	1.816	614	1826	614	0,6%	0,0%
Norte	647	572	642	572	-0,8%	0,0%
Oeste	689	578	681	578	-1,1%	0,0%
Sul	403	736	394	736	-2,2%	0,0%

*Fonte: Simulação Própria a partir de dados da RAIS (MTE), Censos Demográficos (1991 e 2000) e Contagem de 1996 (Ibge) e da Pesquisa Origem-Destino (Metrô). Matrizes de tempo estimadas pela Dersa.*

A grande novidade que surge na simulação instável (sem ponderação das variáveis distributivas) é Cocaia e sua vizinha Grajaú (em menor escala) ambas do lado interno do Rodoanel bem próximas a um braço da represa. Para interpretar este resultado devemos pensar sobre o que significa o possível “efeito bolha”. O que pode ocorrer no equilíbrio urbano é que uma empresa se desloque para uma determinada região. Com o deslocamento desta empresa outras devem segui-la o que reforça a atração de mais empresas e assim por diante num movimento circular. Isto significa que, se um processo deste tipo tomar corpo, há efetivamente um risco de um aumento significativo do emprego. Neste caso o movimento é mais preocupante pois são zonas com um número considerável de empregos, cerca de quatro mil empregos.

Assim, existe mais um ponto específico que merece atenção redobrada por parte da autoridade fiscalizadora no sentido de garantir a legislação de uso do solo. Além do problema potencial na zona “Represa Billings” há também o problema em Cocaia. Este problema potencial pode ser mais grave pois se trata de uma zona com uma densidade de empregos bem maior. Também neste caso, a preocupação é essencialmente com o total de empregos o que facilita bastante a fiscalização. É claro que se a fiscalização falhar há um risco de gerar uma bolha que, no final das contas, pode atrair mais domicílios potencializando o problema.

Uma outra maneira de impor instabilidade no modelo é desconsiderar coeficientes menos significantes. Ao contrário de testes de hipóteses, onde essencialmente se testa a significância dos parâmetros, os parâmetros estimados em uma simulação são aproveitados independente de sua significância. O processo de normalização garante que coeficientes pouco significativos tenham pouco impacto nos resultados. No entanto, não podemos incorrer na falácia da composição: a soma de diversos pequenos impactos pode ser relevante. Por este motivo a retirada de fatores explicativos pode gerar instabilidade no modelo.

Restringindo os parâmetros o emprego varia cerca de 1%. Curiosamente no sul da RMSP o emprego se reduz. Neste caso a perturbação gerou um efeito concêntrico a oeste. Neste caso, a região mais rica da cidade é que ganhou postos de trabalho. É curioso que o impacto líquido sobre o que denominamos “Centro” tenha sido próximo de zero. A perda de postos

de trabalho nas zonas mais a leste gerou este resultado. A região “Leste” foi a que apresentou maior redução líquida no emprego. Nota-se, portanto um deslocamento do emprego para o oeste da RMSP.

O maior impacto líquido pode ser observado sobre o “Anel Externo”. Porém o impacto está restrito a Mogi das Cruzes. Fora do “Centro”, as regiões a oeste mais afetadas estão na beira da Raposo Tavares. Ainda que a reação dos domicílios seja essencialmente oposta, no sentido do espraiamento, a variação é baixa, da ordem de 0,2%. Ou seja, os nossos resultados indicam que o Rodoanel não altera consideravelmente a decisão das famílias. O mesmo não se pode dizer com relação ao comportamento das empresas. O Rodoanel, mantidas as condições usuais, não afeta a decisão das empresas. No entanto, se houver algum desequilíbrio ele pode funcionar como um catalizador de uma bolha de emprego. Na simulação mantendo apenas coeficientes acima de 68% de significância a bolha ocorre sobre o sul e não sobre o oeste, com algum efeito próximo a Alphaville no entorno da Rodovia Castelo Branco.

Como na análise anterior, estamos preocupados em saber quais zonas do sul podem ser potencialmente afetadas pelo Rodoanel. As zonas próximas à Billings no entorno da Imigrantes e da Anchieta apresentam, mais uma vez, algum sinal de aumento no emprego. No entanto, aparecem dois novos focos de problemas potenciais: o sul de Parelheiros (Jaceguava) e uma zona mais próxima da Guarapiranga, no Jardim Ângela e no Centro Empresarial. De fato o Centro Empresarial pode ser alavancado pelo Rodoanel.

### **Conclusão**

Os resultados da simulação indicam que o trecho sul do Rodoanel não deve ter um papel indutor do emprego ou da moradia significativa se as condições observadas atualmente permanecerem relativamente constantes. No entanto, se houver alguma “bolha” de emprego em um local novo no quadro metropolitano, o Rodoanel pode ter um papel catalizador. Estes são os resultados mais contundentes da simulação.

Para compreender o primeiro resultado indicando que o trecho sul do Rodoanel não afeta a decisão das empresas ou das famílias é preciso pensar na característica física do Rodoanel. Por se tratar de uma via expressa (rodovia classe zero) com poucos pontos de acesso, o impacto sobre o tempo de deslocamento nas zonas do seu entorno é afetado de maneira relativa. Por um lado o Rodoanel certamente aumenta a velocidade perimetral, sem efeitos consideráveis sobre o deslocamento radial. Como o deslocamento relevante é radial (em uma cidade com a estrutura da RMSP), este ganho pode não ser significativo em termos efetivos. Além do mais, algumas zonas do lado externo do Rodoanel podem até reduzir o tempo de deslocamento radial em função da redução das vias de acesso. Além do mais, o Rodoanel reduz o fluxo de veículos nas marginais o que melhora todo o trânsito no centro expandido. Assim, se há um incentivo em direção ao entorno do Rodoanel (sobretudo para as zonas próximas dos poucos acessos) há também em direção ao centro neutralizando o efeito líquido. Este resultado não depende das hipóteses sobre a estrutura viária em 2010.

Quando forçamos o sistema a se tornar instável notamos que, em alguns casos, pode haver um impacto na oferta de empregos na região sul. Estes resultados indicam que pode haver

uma bolha que seria catalizada pelo Rodoanel. Esta “bolha” poderia ocorrer tanto no trecho oeste como no trecho sul. Os resultados devem ser analisados sob uma perspectiva tendencial. Um resultado que chama a atenção é que as zonas mais atingidas estão no entorno do sistema viário. Particularmente o cruzamento do Rodoanel com a Anchieta ou com a Imigrantes parecem especialmente atrativos mas o mesmo se observa para o entorno da Rodovia Raposo Tavares e da Rodovia Castelo Branco.

É importante entender qual o sentido de “bolha” neste contexto. Se as condições observadas na década de 1990 permanecerem constantes durante a década de 2000 em princípio o Rodoanel não teria a capacidade de alterar a distribuição espacial da população ou do emprego. Por outro lado, digamos que ocorra uma perturbação no equilíbrio urbano. Por exemplo, uma grande empresa decida se localizar nas proximidades do Rodoanel. Isto pode causar instabilidade no sistema criando uma vantagem regional que se auto alimenta. Como a terra é mais barata neste região, a presença da nova empresa atrai moradores que atraem novas empresas e assim por diante. Em outras palavras, é necessário um fenômeno de proporções consideráveis para alterar o equilíbrio urbano e realmente gerar uma bolha de emprego.

Assim, o aumento da ocupação nas zonas do entorno das represas Billings e Guarapiranga, dada a matriz de tempos implícita neste desenho do Rodoanel, é pouco provável. No entanto, o Rodoanel pode funcionar como um catalizador de “bolhas” de emprego. Neste sentido, se aprovada a obra do Rodoanel, deve-se redobrar a atenção à regulação do uso do solo, sobretudo nas zonas no entorno do sistema viário principal. Como o efeito “bolha” deve ocorrer provavelmente em poucas zonas, uma maior fiscalização do uso do solo nas zonas para as quais não se deseje aumentar a ocupação pode favorecer o surgimento de “bolhas” (se houver) em zonas para as quais não há problemas ambientais ligados ao aumento da ocupação.

## **Referências**

- Anselin, L. (1988) *Spatial Econometrics: Methods, Spatial Econometrics and Models*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press.
- Biderman, C., B. Hermann e F. Cotelo (2003) “Avaliação Econômica de Intervenções Urbanas: O ‘Programa de Renovação do Centro de São Paulo’”. XXXI Encontro Nacional de Economia da Anpec. Porto Seguro, dezembro, 2003.
- Dumais, G. C. Ellison e E. Glaeser (1997) “Geographic Concentration as a Dynamic Process”. NBER Working Paper #6270.
- Graham, D. J. and N. Spence (2000). “Manufacturing Employment Change, Output Demand, and Labor Productivity in the Regions of Britain”. *International Regional Science Review*, vol: 23.2, pp. 172-200.