

# CONSTRUÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO DE TRANSPORTE INTER-REGIONAL DE CARGAS E PASSAGEIROS PARA O PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA INTEGRADA

## Relatório de Pesquisa

Projeções das Matrizes O/D de Carga e Passageiros: aplicando os modelos de geração e distribuição de viagens com as projeções socioeconômicas





# **CONSTRUÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO DE TRANSPORTE INTER-REGIONAL DE CARGAS E PASSAGEIROS PARA O PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA INTEGRADA**

## **Relatório de Pesquisa**

**Projeções das Matrizes O/D de Carga e Passageiros: aplicando os modelos de geração e distribuição de viagens com as projeções socioeconômicas**

**ipea**

## **Governo Federal**

**Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão**  
**Ministro interino** Dyogo Henrique de Oliveira

# **ipea** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

### **Presidente**

Ernesto Lozardo

### **Diretor de Desenvolvimento Institucional, Substituto**

Carlos Roberto Paiva da Silva

### **Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia**

Alexandre de Ávila Gomide

### **Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

José Ronaldo de Castro Souza Júnior

### **Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais**

Alexandre Xavier Ywata de Carvalho

### **Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura**

João Alberto De Negri

### **Diretora de Estudos e Políticas Sociais**

Lenita Maria Turchi

### **Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais**

Sérgio Augusto de Abreu e Lima Florêncio Sobrinho

### **Assessora-chefe de Imprensa e Comunicação**

Regina Alvarez

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

# **CONSTRUÇÃO DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO DE TRANSPORTE INTER-REGIONAL DE CARGAS E PASSAGEIROS PARA O PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA INTEGRADA**

## **Relatório de Pesquisa**

**Projeções das Matrizes O/D de Carga e Passageiros: aplicando os modelos de geração e distribuição de viagens com as projeções socioeconômicas**

**ipea**

**Brasília, 2017**

### **Coordenação-geral**

Fabiano Mezadre Pompermayer, da Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea

### **Equipe técnica**

Fabiano Mezadre Pompermayer (Diset/Ipea)

Erivelton Pires Guedes, da Assessoria Técnica da Presidência (Astep) do Ipea

Akina Sakamori, bolsista do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) (Diset/Ipea)

Alan Ricardo da Silva, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Carolina Andrade Silva, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Daniel Alisson Feitosa Lopes, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Diego Rosa Mambrin, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Gabriel Gouveia Rabello, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

João Gabriel de Moraes Souza, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Maircon Batista Ribeiro, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Paulo Henrique Dourado da Silva, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Pedro Veiga de Camargo, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Priscila Nascimento de Alcântara Garcia, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Rafaella Bandeira Cabral Cunha, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Ramon de Almeida Bispo, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Raquel Araujo de Almeida, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Rennaly Patricio Sousa, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Roberto Lazarte Kaqui, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Thiago Guimarães Rodrigues, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

### **Equipe de elaboração do relatório**

Fabiano Mezadre Pompermayer (Diset/Ipea)

Rennaly Patricio Sousa, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

Gabriel Gouveia Rabello, bolsista do PNPD (Diset/Ipea)

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	7
INTRODUÇÃO .....	9
1 USANDO MATRIZES INSUMO-PRODUTO PARA TRANSFORMAR PROJEÇÕES DE ATIVIDADES EM PRODUTOS .....	9
2 APLICANDO OS MODELOS DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO.....	11
4 RESULTADOS CONSOLIDADOS.....	23
REFERÊNCIAS .....	30





## APRESENTAÇÃO

Este relatório faz parte de uma série de relatórios de pesquisa do Ipea, cujo objetivo é documentar o processo de construção das matrizes origem/destino (O/D) de transporte inter-regional de cargas e passageiros que subsidiaram a elaboração do Plano Nacional de Logística Integrada (PNLI), fruto da parceria entre a Empresa de Planejamento e Logística (EPL), empresa pública do governo federal, e o Ipea, formalizada pelo Termo de Cooperação para Descentralização de Crédito no 2, de 29 de maio de 2013.

A EPL foi criada em 2012 para apoiar o planejamento da infraestrutura de transportes do país. Uma de suas tarefas é elaborar o Plano Nacional de Logística Integrada. Em certa medida, ela cumpre missão semelhante à do Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes (Geipot) nas décadas de 1970 e 1980. A empresa vem se capacitando para a modelagem da oferta de infraestrutura de transportes, mas para a modelagem da demanda por transportes, que envolve mais conhecimento sobre as atividades econômicas no país e sua distribuição regional do que sobre transportes, havia a necessidade de execução externa. Algumas consultorias foram abordadas, mas surgiu a possibilidade de o estudo ser realizado pelo Ipea, que prontamente atendeu.

Nesse processo, um dos passos iniciais é o levantamento do padrão de viagens inter-regionais de cargas e passageiros, identificando os potenciais de geração e atração de viagens de cada localidade, bem como sua distribuição entre elas. Os modos de transporte usados também são levantados. Assim se obtém a matriz origem-destino das viagens de carga e passageiro para um ano-base, em cada modo. A partir daí, são projetados os crescimentos de demanda por transporte para os anos futuros, isto é, as matrizes O/D futuras, que são confrontadas com a oferta de infraestrutura a fim de identificar seus gargalos e projetar a necessidade de melhorias, como construção ou ampliação de rodovias, ferrovias, hidrovias e portos. A construção da matriz O/D é essencial para o planejamento da infraestrutura de transportes do país, uma vez que permite a construção de cenários e a otimização dos investimentos.

A elaboração de uma matriz O/D envolve o levantamento e o cruzamento de uma série de dados socioeconômicos, que são ajustados e calibrados com pesquisas de campo, em que viajantes são entrevistados em locais predeterminados para identificar diversos atributos de sua viagem, como origem, destino, motivo, tipo e valor da carga, modo(s) de transporte utilizado(s) etc. Esse trabalho envolve conhecimento técnico específico em modelagem de transportes e também em economia e estatística.

Com uma matriz O/D consolidada e abrangente, a EPL poderá realizar suas avaliações de necessidade de expansão da oferta de infraestrutura de transporte. O Ipea, além de apoiar a EPL nestas avaliações, se beneficia das informações da matriz O/D ao cruzá-las com outras fontes de dados socioeconômicos, podendo realizar estudos diversos sobre o desenvolvimento regional, matrizes insumo-produto e fomento produtivo, por exemplo. Adicionalmente, a disponibilização dessa base de dados à sociedade permite o desenvolvimento do próprio setor de transporte e logística.

Oito relatórios descrevem as metodologias usadas em todo o processo de construção da base de dados e suas projeções. O último desses relatórios faz a agregação dos procedimentos intermediários para a construção das matrizes e apresenta alguns dos resultados agregados.

Há, ainda, três relatórios que avaliaram o estado da arte de modelos de construção da matriz O/D, com proposições para as novas versões do PNLI. A seguir a lista com os títulos de cada relatório.

1. Desenho da pesquisa origem-destino do transporte rodoviária no Brasil
2. Construção da matriz origem-destino observada para transporte de cargas inter-regional
3. Modelos de regressão para geração e atração de viagens do transporte de cargas inter-regional
4. Modelos de distribuição para matriz origem-destino de transporte de cargas inter-regional: desenvolvimento de um conjunto de ferramentas e calibração inicial
5. Cenários de projeção das atividades econômicas por Unidade da Federação (UF) para a projeção da matriz origem-destino de transporte de cargas inter-regional
6. Construção da matriz origem-destino observada de transporte de passageiros inter-regional
7. Modelos de regressão para geração e atração de viagens de passageiros
8. Projeções das matrizes O/D de carga e passageiros: aplicando os modelos de geração e distribuição de viagens com as projeções socioeconômicas
9. Estado da arte em métodos de construção de matrizes origem-destino para o transporte de cargas inter-regional
10. Estado da arte de métodos de estimação de matrizes origem-destino para passageiros a longa distância
11. Métodos de estimação da matriz origem-destino para o transporte aéreo de passageiros.

## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar como foram montadas as matrizes origem-destino (matrizes O/D) para o ano-base e os anos futuros, que foram então utilizadas pela Empresa de Planejamento e Logística para confrontar com a oferta de infraestrutura de transportes e propor os projetos de investimento do Plano Nacional de Logística Integrada. Nessa etapa, são consolidadas todas as informações geradas nos processos descritos nos capítulos 3 a 8 – ou seja, desde a montagem das matrizes observadas, a calibração dos modelos de geração, a atração e distribuição de viagens, e as projeções das principais variáveis socioeconômicas, para daí montar as matrizes O/D. Para o ano-base, a grande diferença entre as matrizes obtidas aqui em relação às observadas (capítulos 3 e 7) é o preenchimento dos pares O/D vazios, para os quais não foi possível obter viagens observadas na coleta de dados. Para os anos futuros, além de complementar os vazios das matrizes observadas, a quantidade de viagens geradas e atraídas em cada zona é alterada em função das projeções de aumento – ou redução – das variáveis socioeconômicas da zona.

Em vez de se projetar diretamente a quantidade de viagens de cada zona, utilizam-se projeções de variáveis socioeconômicas (como população, renda e nível de atividade econômica de cada setor) por maior disponibilidade de dados em séries de tempo e por suas evoluções serem mais comportadas, menos voláteis, que o da quantidade de viagens. Para o transporte de cargas, algumas atividades produzem diversos produtos, o que torna necessário transformar as projeções de cada atividade econômica em projeções de produção (e consumo intermediário) de cada produto. Foram usadas as matrizes insumo-produto (MIPs) nacionais para isso, conforme será explicado na seção 2.

Com as projeções de produção e consumo de cada produto, aplicam-se os modelos de geração e atração de viagens, para estimar as viagens futuras de cada produto geradas e atraídas em cada zona. Algumas variáveis socioeconômicas também são usadas diretamente nos modelos de geração de viagens, especialmente no de passageiros. Esse processo é detalhado na seção 3.1. Para a distribuição de viagens, dois métodos foram adotados. Para produtos cujo padrão de viagens é bem definido, com as viagens concentradas em poucos pares de origem-destino, como é o caso de granéis minerais e agrícolas, foi utilizada quase diretamente as matrizes observadas e aplicadas às projeções de viagens geradas e atraídas em cada zona, como será explicado na seção 3.2. Para passageiros e produtos com viagens espalhadas entre vários pares O/D, em parte devido à agregação em uma mesma categoria de produtos bastante heterogêneos, como o caso de produtos manufaturados, foi utilizado o modelo gravitacional (seção 3.3), que permite melhor preenchimento dos vazios das matrizes observadas. A última seção consolida os resultados temporalmente e para cada cenário.

## 2 USANDO MATRIZES INSUMO-PRODUTO PARA TRANSFORMAR PROJEÇÕES DE ATIVIDADES EM PRODUTOS

O capítulo 6 apresentou as projeções de atividades econômicas, população e rendas a serem usadas nas projeções de aumento de viagens dos diversos produtos e de passageiros. Os modelos de geração – e de atração – de viagens consideraram o valor da produção – e do consumo – de cada produto em cada zona como principal variável explicativa. Para alguns produtos, há estatísticas e registros administrativos, especialmente identificados, de sua produção. Mas, para a maioria dos produtos, há apenas dados sobre receita das atividades que os produzem – e consomem. Para transformar os dados de receita em produção e consumo de cada produto, foram usadas as matrizes insumo-produto divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).<sup>1</sup>

1. Neste trabalho, foi utilizada a atualização das Contas Nacionais do IBGE, desenvolvida por Martinez (2014).

Para projetar as matrizes O/D, também é necessário traduzir as projeções de aumento das atividades econômicas em elevação de produção e consumo de cada produto, e em cada zona. Para tanto, utilizam-se, novamente, as MIPs. A versão utilizada neste relatório conta com 55 atividades e 110 produtos.

TABELA 1  
Exemplo de aplicação de choques nas atividades de uma matriz insumo-produto e choque resultante nos produtos

	Atividades					Produção		Choque resultante (%)	
	A1	A2	A3	A4	A5	Ano-base	Projeção		
Produtos	P1 (%)		90			20	29,0	33,9	17
	P2 (%)	60					30,0	33,0	10
	P3 (%)	30					15,0	16,5	10
	P4 (%)	10		20	30	20	36,0	36,4	1
	P5 (%)		10				3,0	3,5	17
	P6 (%)			80			32,0	36,0	13
	P7 (%)				60		42,0	39,0	-7
	P8 (%)				10	60	13,0	13,7	5
Receita	Ano-base	50,0	30,0	40,0	70,0	10,0			
	Projeção	55,0	35,0	45,0	65,0	12,0			
	Choque (%)	10	17	13	-7	20			

Elaboração dos autores.

A tabela 1 ilustra a aplicação das projeções de crescimento das atividades e seus impactos na produção de cada produto. Nesse exemplo, há apenas cinco atividades (A1, A2,..., A5) e oito produtos (P1, P2,...,P8). Os percentuais indicam o quanto da receita da atividade é composto por cada produto. Por exemplo, na atividade A1, o faturamento é de cinquenta unidades monetárias (u.m.) e é composto em 60% pelo produto P2 (30 u.m.), 30% pelo P3 (15 u.m.) e 10%, pelo P4 (5 u.m.). Para se obter a produção total de um produto, somam-se as produções desse produto em todas as atividades. Assim, o produto P1 tem a produção total de 29 u.m., 27 oriundas da atividade A2 (30 u.m. x 90%) e 2 u.m. oriundas de A5 (10 u.m. x 20%). Para as projeções, tomam-se os novos valores de receita das atividades e distribui-se entre cada produto, somando-os em todas as atividades para obter a nova produção total de cada produto.

As projeções são feitas para cada zona, dado que o perfil de atividades entre elas é diferente no ano-base. De forma semelhante, projeta-se o consumo de cada produto, a partir do aumento do consumo intermediário de cada produto em cada atividade, que tende a crescer com a elevação da produção da atividade. A diferença quanto ao consumo é que também é projetado o consumo final de cada produto, igualmente obtido da MIP. Como regra geral, para o consumo final, foram usadas as mesmas projeções para crescimento do produto interno bruto (PIB) da Unidade da Federação (UF) a que a zona pertence. Como há dados apenas para a MIP nacional, a estrutura de produção e consumo intermediário é a mesma para todas as zonas – isto é, o percentual de produtos de uma dada atividade é o mesmo em todas as zonas. Assume-se, também, que a estrutura da MIP não se alterará durante o horizonte da projeção.

### 3 APLICANDO OS MODELOS DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

#### 3.1 Geração e atração de viagens

Os modelos de geração e atração de viagens foram estimados para o ano-base, correlacionando a quantidade de viagens observadas a variáveis socioeconômicas de cada zona, em especial de produção e de consumo de cada produto. Como as matrizes observadas não são completas, a aplicação dos modelos estimados às zonas que tiveram baixa cobertura no levantamento de dados – devido à pesquisa de campo rodoviária – é uma das fases de construção da matriz completa. Dessa forma, zonas que geraram – ou atraíram – poucas viagens na matriz observada, mas que tenham valores altos para variáveis socioeconômicas significativas para a geração de viagens, passam a ter um número maior de viagens na matriz construída.

TABELA 2  
Exemplo de aplicação do modelo de geração de viagens em zonas não cobertas na matriz O/D observada  
2A – Viagens geradas observadas

Zona	Produção	Viagens
1	10	6
2	25	16
3	3	
4	15	10
5	2	

2B – Viagens geradas estimadas

Zona	Produção	Viagens
1	10	6,3
2	25	16,1
3	3	1,7
4	15	9,6
5	2	1,0

Elaboração dos autores.

A tabela 2 exemplifica o uso dos valores estimados com os modelos de regressão nessa fase da construção da matriz O/D. No lado esquerdo, temos as variáveis de produção e de viagens observadas para cinco zonas. Nesse exemplo, apenas a variação de produção foi significativa, chegando à seguinte equação:

$$Viagens = -0,28571 + 0,6571 \cdot Produção \quad (1)$$

Aplicando-se essa equação a todas as zonas, obtêm-se as viagens estimadas. Note-se que as zonas 3 e 5, que não possuíam viagens observadas, passam a ter viagens proporcionais às suas respectivas produções.

Dessa forma, obtêm-se os totais de viagens geradas e atraídas em cada zona interna ao Brasil. Para as zonas externas, não são feitas projeções das variáveis socioeconômicas. Mantêm-se os valores observados no ano-base e ajusta-se o aumento – ou a redução – do volume de comércio exterior, para balancear o total de viagens geradas e atraídas em cada matriz. Esse procedimento foi adotado para os produtos considerados mais homogêneos, como minério de ferro e soja.

Para produtos mais heterogêneos, manter os valores observados de comércio exterior poderia subestimar uma das correntes (importação ou exportação). Suponha-se, por exemplo, que as projeções de aumento de produção e consumo relacionadas ao produto *manufaturados*, que engloba diversos produtos industrializados, como motores, peças, móveis e mesmo veículos, levaram a uma projeção total de viagens geradas nas zonas internas superior em 20% à de viagens atraídas para as mesmas zonas internas. No procedimento de balanceamento anterior, a corrente exportação aumentaria o equivalente a esses 20%, como sendo o excedente de aumento de produção interna do produto *manufaturados*, e a corrente importação permaneceria igual ao observado no ano-base. Porém, por se tratar de um agregado de produtos heterogêneos, em que muitos são, inclusive, insumos para outros, é de se esperar que também ocorra aumento da importação. Assim, para os produtos heterogêneos, são calculados os percentuais médios de crescimento das viagens geradas e atraídas pelas zonas internas, que são aplicados ao total de viagens atraídas e geradas, respectivamente, nas zonas externas. Após esse procedimento é que se faz o balanceamento (equalização) do total de viagens geradas e atraídas – com todas as zonas, internas e externas –, aumentando a corrente de comércio exterior correspondente. No exemplo aqui citado, o excedente de viagens geradas seria recalculado e seria aumentado o valor das viagens atraídas nas zonas do exterior.

### 3.2 Distribuição de viagens via Fratar

Com as projeções de viagens geradas e atraídas em cada zona, é preciso projetar a matriz O/D – isto é, o número de viagens entre cada par de zonas, representado em cada célula da matriz. Este processo é chamado de *distribuição de viagens*. Um dos métodos tradicionais de distribuição de viagens é conhecido como método Fratar, ou método Furness (Ortúzar e Willumsen, 2011). Esse método parte de uma matriz semente – geralmente, a própria matriz O/D observada para o ano-base – e efetua um processo de aproximações sucessivas, alterando os valores das células da matriz semente para que sejam atingidos os novos valores de viagens geradas e atraídas de cada zona. É considerado adequado para projetar matrizes em horizontes curtos, em que não se espera que o padrão de viagens entre as zonas se altere drasticamente. Também tem a limitação de que a matriz semente deve ser razoavelmente completa – ou seja, de que a matriz observada não contenha células vazias ou sub-representadas. Nesse método, o padrão de viagens projetado fica muito parecido com o padrão de viagens da matriz semente.

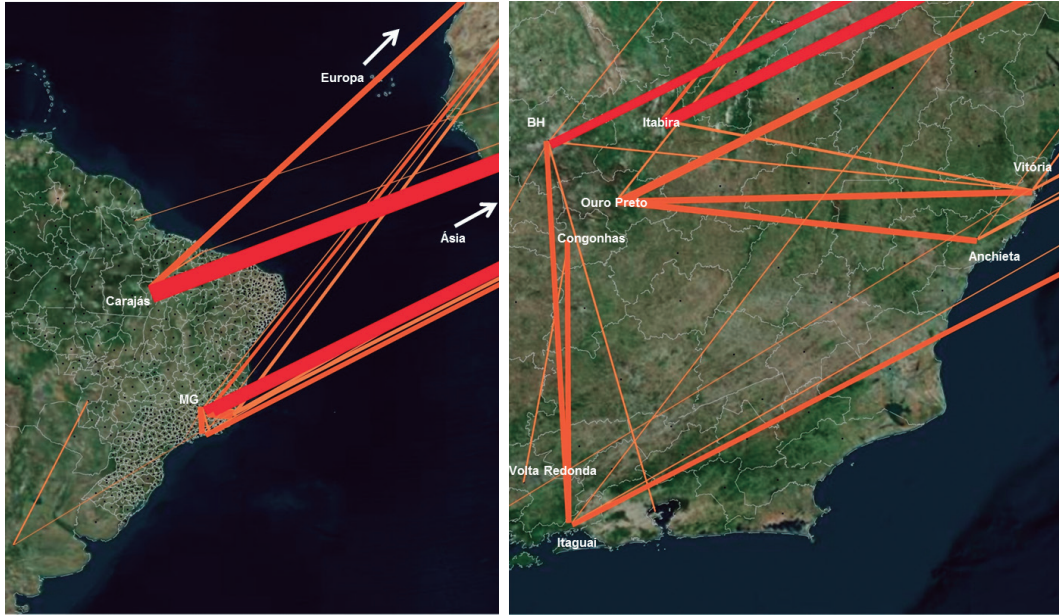
Esse método foi utilizado para obter as matrizes O/D projetadas dos produtos mais homogêneos; em especial, as *commodities*. O motivo para utilizá-lo com esses produtos, mesmo que nosso horizonte de projeção seja considerado longo (22 anos), é que o padrão de viagens desses produtos é bem-comportado, com as viagens ocorrendo em geral entre os pares de zonas mais próximas entre si. Além disso, as matrizes O/D desses produtos são tipicamente esparsas, concentradas em poucos pares O/D. Por fim, também é relevante o fato de as matrizes observadas para esses produtos apresentarem maior cobertura, por duas razões principais: *i*) esses produtos usam mais os modos ferroviário, aquaviário e dutoviário, para os quais a cobertura das matrizes observada foi de 100%; e *ii*) a produção e o consumo desses produtos são bastante elevados e geram grandes volumes de transporte, o que acabou propiciando que as zonas onde ocorrem fossem priorizadas na definição dos postos de coleta da pesquisa de campo rodoviária (capítulo 2) – ou seja, a matriz O/D rodoviária observada também tem alta cobertura para esses produtos. As figuras a seguir apresentam as linhas de desejo das matrizes observadas para os produtos *minério de ferro*, *granel sólido agrícola* – que engloba soja em grão, milho em grão e farelo de soja – e *combustíveis*, respectivamente. Observa-se que poucos pares O/D apresentam volume de viagens relevante – expresso pela espessura das linhas.

FIGURA 1

**Linhas de desejo da matriz O/D observada para o produto minério de ferro**

1A – Brasil

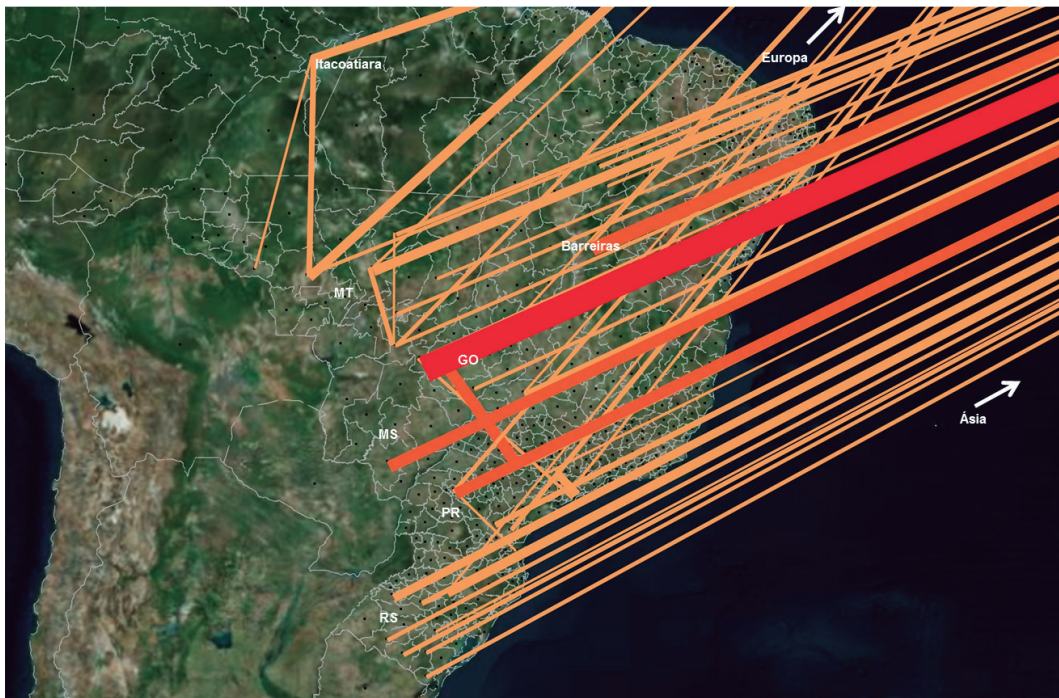
1B – Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro



Fonte: Matriz O/D (capítulo 3).  
Elaboração: EPL.

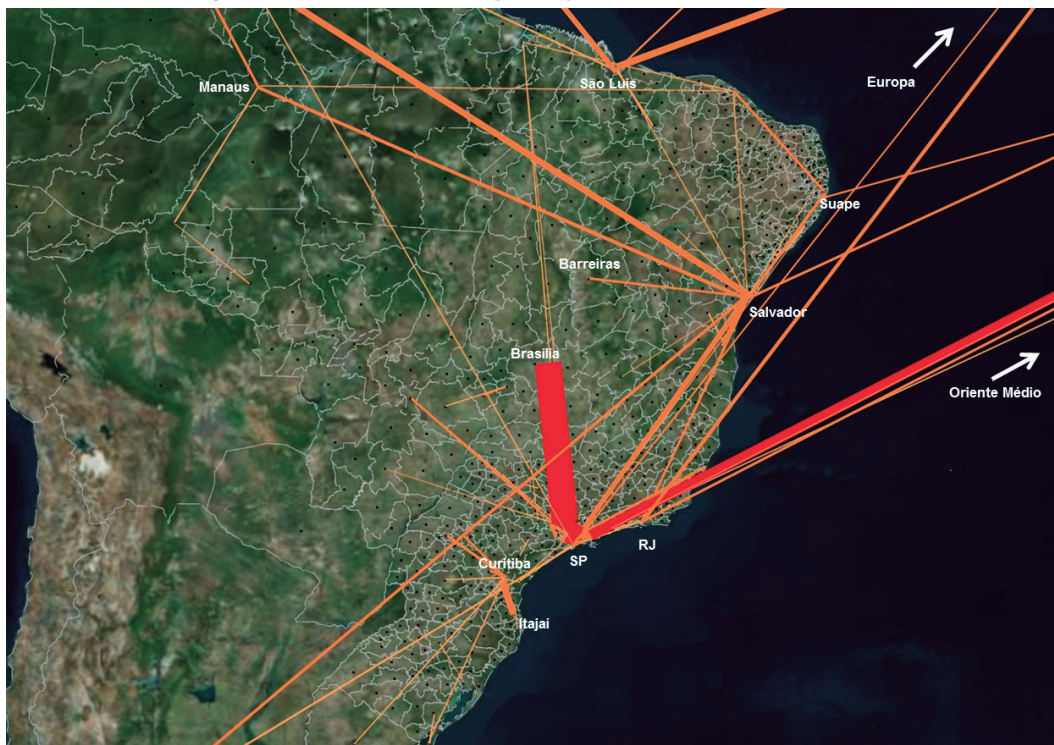
FIGURA 2

**Linhas de desejo da matriz O/D observada para o grupo de produtos granel sólido agrícola**



Fonte: Matriz O/D (capítulo 3).  
Elaboração: EPL.

FIGURA 3  
Linhas de desejo da matriz O/D observada para o produto combustíveis



Fonte: Matriz O/D (capítulo 3).  
Elaboração: EPL.

Os produtos em que o método de distribuição de viagens Fratar foi usado para projetar as matrizes O/D são apresentados na tabela 3. Como se pode observar, são os grupos de produtos mais homogêneos analisados no projeto, caracterizados pelo transporte a granel, em grandes volumes. O número representa o código interno usado para identificar cada produto.

TABELA 3  
Produtos para os quais foi usado o método Fratar

Número	Produtos	Tipo de transporte
6	Farelo de soja	Granel sólido agrícola
8	Milho em grão	Granel sólido agrícola
15	Soja em grão	Granel sólido agrícola
2	Carvão mineral	Granel sólido mineral
9	Minério de ferro	Granel sólido mineral
11	Outros minerais	Granel sólido mineral
5	Combustíveis	Granel líquido

Elaboração dos autores.

Entretanto, mesmo com matrizes sementes bastante completas, alguns cuidados foram tomados para as projeções usando o método Fratar. Primeiro, o método foi aplicado para o próprio ano-base, usando os valores de viagens geradas e atraídas obtidas dos modelos de regressão descritos no capítulo 4, visto que algumas zonas poderiam ter quantidades de viagens observadas incompatíveis com o esperado, devido à baixa cobertura dessas zonas na pesquisa de campo. Para tais zonas, foi necessário inserir valores fictícios



na matriz semente, para que o processo de balanceamento do método Fratar convergisse. Poucos foram os casos em que esse procedimento foi necessário, valendo comentar os associados à zona de Dourados-MS, que, devido a um problema na execução da pesquisa de campo rodoviária em um dos postos de coleta nas proximidades da zona, apresentava volume de viagens de soja geradas na zona muito superior ao volume observado.

Segundo, para as matrizes projetadas, havia zonas com produção ou consumo de alguns produtos que não estavam ativas no ano-base. São os casos de implantação de novas minas, usinas siderúrgicas e refinarias, entre outras indústrias de alta escala. Algumas das zonas onde foram identificadas novas plantas a serem construídas nos próximos anos não possuíam qualquer movimentação desses produtos. Para essas zonas, também foi necessário imputar valores fictícios nas matrizes-semente, para viabilizar o processo de balanceamento. O critério de imputação foi inserir valores muito baixos nas células, que mais provavelmente iriam gerar movimentações futuras desses produtos com a nova zona de produção (ou consumo). De forma geral, tomou-se como referência uma zona de origem (ou destino) próxima à nova zona, mas que já tivesse viagens observadas na matriz do ano-base. A tabela 4 apresenta um exemplo de aplicação do método Fratar, a partir de uma matriz observada que não revelava viagens com origem na zona 4. Como, no vetor projetado de viagens geradas, a zona 4 passaria a gerar um número significativo de viagens, a matriz-semente foi alterada para permitir a distribuição de viagens a partir da zona 4. Isso foi feito tomando as zonas 3 e 5, vizinhas à zona 4, como referência, mas com valores cem vezes menores que os da matriz observada, eliminando apenas a possibilidade de fluxo intrazona – isto é, da zona 4 para a própria zona 4. Para facilitar o processo de convergência, permitiu-se também algum fluxo no par entre as zonas 4 e 5. A matriz projetada tem basicamente a mesma estrutura da matriz-semente, com os valores alterados para respeitar os totais de viagens geradas e atraídas em cada zona.

TABELA 4  
Exemplo de aplicação do método Fratar com matriz semente incompleta  
(Em número de viagens)

4A – Matriz O/D semente							
O\D	1	2	3	4	5	Soma geradas	Projetadas geradas
1		10	5	3		18	18
2	3		1		2	6	6
3	1			1		2	2
4						0	6
5		2	1			3	3
Soma atraídas	4	12	7	4	2	29	35
Projetadas atraídas	6,00	14,00	8,00	5,00	2,00	35	

4B – Matriz O/D semente adaptada							
O\D	1	2	3	4	5	Soma geradas	Projetadas geradas
1		10	5	3		18	18
2	3		1		2	6	6
3	1			1		2	2
4	0,01	0,02	0,01		0,0001	0,0501	6
5		2	1			3	3
Soma atraídas	4,01	12,02	7,01	4,01	2,0001	29,0501	35
Projetadas atraídas	6,00	14,00	8,00	5,00	2,00	35	

4C – Matriz O/D projetada

O/D	1	2	3	4	5	Soma geradas	Projetadas geradas
1	0,000	9,277	4,756	3,968	0,000	18,000	18,000
2	3,199	0,000	0,821	0,000	1,979	6,000	6,000
3	0,966	0,000	0,000	1,034	0,000	2,000	2,000
4	1,828	2,747	1,408	0,000	0,017	6,000	6,000
5	0,000	1,983	1,017	0,000	0,000	3,000	3,000
Soma atraídas	5,993	14,007	8,002	5,002	1,996	35,000	35,000
Projetadas atraídas	6,000	14,000	8,000	5,000	2,000	35,000	

Elaboração dos autores.

### 3.3 Distribuição de viagens via gravitacional

Para os produtos mais heterogêneos, as matrizes observadas têm cobertura menor – isto é, apresentam viagens observadas em quantidade menor que a real. Há casos também de não observação de viagens para alguns pares O/D, por não existir posto de coleta nos caminhos possíveis entre as duas zonas do par. Nesse caso, o método de distribuição de viagens adotado foi o gravitacional, no qual a quantidade de viagens em cada par O/D é diretamente proporcional à quantidade de viagens geradas na zona de origem e à de viagens atraídas na zona de destino, e inversamente proporcional à impedância entre as duas zonas.

As funções de impedância foram calibradas com base nas matrizes observadas, conforme o processo descrito no capítulo 5. Dois tipos de função de impedância foram considerados: *i*) função de potência; e *ii*) exponencial. A tabela 5 apresenta os produtos que utilizaram o método de distribuição gravitacional, as respectivas funções de impedância e os valores de seus parâmetros. A variável de impedância utilizada foi a distância na rede de transportes rodoviária.

TABELA 5  
Funções de impedância dos produtos distribuídos pelo modelo gravitacional

Nº	Modelo		Produtos	Tipo de transporte
	Função	Parâmetro		
1	Potência	-0,48107562	Alimentos e bebidas (processados)	Carga geral
3	Potência	-0,32130040	Celulose e papel	Carga geral
4	Exponencial	-0,00234831	Cimento	Carga geral
7	Potência	-0,29049531	Manufaturados	Carga geral
10	Potência	-0,70148905	Outros da lavoura e pecuária	Carga geral
12	Exponencial	-0,00036783	Petroquímicos e químicos	Carga geral
13	Potência	-0,45268880	Produtos básicos de borracha, plástico e não metálicos	Carga geral
14	Potência	-0,69319770	Produtos da exploração florestal e da silvicultura	Carga geral

Fonte: Capítulo 5.

A aplicação do modelo gravitacional, em consonância com o ajuste de viagens geradas e atraídas em cada zona pelos modelos de geração de viagens, permite preencher os vazios das matrizes O/D observadas. A tabela 6 apresenta a imagem de parte da matriz O/D observada para o produto *alimentos e bebidas (processados)*, na qual se observam várias células vazias – isto é, viagens nulas para o respectivo par O/D. Já a tabela 7 apresenta a matriz calibrada para o ano-base, em que os vazios são bem menos presentes, ainda que o número de viagens seja reduzido naquelas células vazias na matriz observada.

TABELA 6  
Imagem da matriz O/D observada de alimentos e bebidas (processados)

O/D	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
102		37016										2683		16592	1618				
103					372				14755		5204			56610					
104																			
105														1115					
106									2924				2809	5854					
107		4714												26773					
108									3445					12555					
109																			
110	5142	4346			956		2555	11152				1937	7367	110477					
111									4856										
112									409										
113									1356					7044					
114									2456					1572					
115	8498	25971	2368	1743	32094	21622	49639	2105	72104	4162	6625	3139	37474	3388					28690
116	57220													136		1214			
117															1734				
118																			
119	25460													1649					
120	6367													7757	2557				
121															6326				
122	115161				569									7916	184101	24376	2188		10476
123																			
124	6084	12746										1869		2174	51540	11914			
125																			
126																			
127	11877													1289	3297				1281
128																			
129																			
130	21995													10726	24083			4922	
131	3117														2485			5513	
132	1029														883				
133	1940																		
134															1082				
135																			
136																			
137																			
138																			
139																			
140																			

(Continua)

(Continuação)

	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
102		52251	684	2990		3141	1587			10836	552	18582	238		5878					140
103																				
104																				
105																				
106																				
107		3012																		
108																				
109																				
110		10296											97							
111																				
112																				
113																				
114																				
115		7107											3070							
116		78154	4543	42793		14233	885			25508	1737	2197	12673	1530	2305	4549				
117		12619																		
118		717																		
119		7115				1397				6104			15100							
120		37464		2509		1562														
121	2024		4897	137501		20899	7802	8006	5458	109517	17648	7591	13284	2048		1780	3095	4683		
122		2820																		
123		82670					1660						40079							
124																				
125																				
126		853		1487					436											
127		12490		15175						5663										
128		6030		7829																
129		8552																		
130		92172				2796	447					4995	6825							
131		38534		2718		921														
132		1353																		
133		677													16708	19625	673	1039		
134		546																		
135																				
136																				
137																				
138																				
139																				
140																				

Elaboração dos autores.

TABELA 7  
Imagem da matriz O/D calibrada para o ano-base de alimentos e bebidas (processados)

O/D	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
102																				
103	175																			
104	51	6																		
105	51	4	2																	
106	660	77	72	28																
107	482	58	28	32	125															
108	135	16	10	6	55	27														
109	341	36	29	14	190	60	78													
110	1588	151	82	97	378	443	216	72												
111	111	8	5	7	20	19	11	4	40											
112	433	35	20	37	89	94	47	17	203	38										
113	113	16	7	6	34	36	20	6	55	6	12									
114	522	41	23	32	105	104	57	20	259	42	82	35								
115	4677	550	306	228	1545	1080	1178	307	2051	228	431	552	508							
116	13787	201	138	120	590	399	288	111	788	135	219	151	255	6739						
117	2529	47	32	28	138	93	67	26	184	31	51	35	59	1577	1096					
118	151	4	2	2	10	7	5	2	14	2	4	3	4	119	51	128				
119	2593	59	41	35	174	116	84	33	227	39	63	44	73	1963	828	128				
120	12944	215	147	129	633	430	311	120	852	146	237	163	276	7271	4624	792				
121	285	6	4	4	18	13	9	3	26	4	7	5	8	214	75	12				
122	39225	659	453	393	1940	1309	947	367	2581	441	716	497	834	22136	21516	2968				
123	146	3	2	2	9	6	5	2	12	2	3	2	4	106	54	12				
124	13534	316	220	185	937	622	455	177	1223	206	337	237	392	10588	4739	820				
125	4357	78	53	46	228	154	111	43	302	52	84	58	97	2593	1497	208				
126	2206	43	29	26	127	87	63	24	174	30	48	33	57	1471	632	105				
127	7081	172	119	101	511	339	249	97	669	113	184	129	214	5793	2596	480				
128	2678	49	34	30	146	99	71	28	195	33	54	37	63	1669	1066	265				
129	1644	35	24	21	102	70	50	19	139	24	39	27	45	1183	498	87				
130	20149	469	325	276	1394	928	680	264	1833	310	505	354	590	15841	7279	1506				
131	7949	152	105	90	449	302	219	85	596	102	165	115	192	5120	3410	990				
132	817	17	11	10	49	34	24	9	68	12	19	13	22	569	202	31				
133	2980	99	67	60	290	201	145	55	407	70	112	76	134	3426	868	147				
134	730	23	15	14	66	46	33	13	93	16	26	17	31	782	211	36				
135	451	15	10	9	44	30	22	8	61	10	17	11	20	513	132	22				
136	129	4	3	3	13	9	6	2	18	3	5	3	6	153	37	6				
137	619	20	14	13	60	42	30	11	85	15	23	16	28	710	179	30				
138	122	4	3	2	11	8	6	2	16	3	4	3	5	130	35	6				
139	441	14	10	9	44	29	21	8	59	10	16	11	19	490	127	21				
140	305	10	7	6	30	21	15	6	42	7	12	8	14	352	88	15				

(Continua)

(Continuação)

OID	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
102	109	7003	157	1383	651	504	672	501	599	2460	685	242	2194	125	125	26	196	62	53	49
103	3	160	5	44	16	13	22	13	17	78	18	7	99	5	6	1	9	3	2	2
104	1	47	1	13	5	4	7	4	5	23	5	2	29	2	2	2	3	1	1	1
105	1	46	1	12	5	4	6	4	5	22	5	2	29	2	2		3	1	1	1
106	12	611	18	169	60	51	86	48	66	300	68	26	377	20	21	5	34	10	9	8
107	9	440	13	120	43	38	61	35	48	213	49	19	279	15	16	3	25	7	7	6
108	3	125	4	34	12	11	17	10	14	61	14	5	79	4	4	1	7	2	2	2
109	6	316	9	87	31	27	44	25	34	156	35	13	197	10	11	2	18	5	5	4
110	31	1448	42	393	142	124	200	114	159	703	161	63	942	50	53	12	84	25	22	21
111	2	100	3	27	10	9	14	8	11	48	11	5	66	4	4	1	6	2	2	1
112	8	392	11	106	38	34	53	31	43	189	44	17	254	13	14	3	23	7	6	6
113	2	104	3	28	10	9	14	8	11	50	12	4	66	3	4	1	6	2	2	1
114	10	473	14	127	46	41	65	37	52	229	53	21	313	17	18	4	28	8	7	7
115	89	4303	124	1178	422	366	599	340	469	2106	480	183	2747	145	155	34	245	72	64	61
116	155	20809	313	2623	1212	782	1289	1079	982	4814	1592	324	3461	195	197	41	307	97	83	76
117	35	4070	103	643	239	184	350	381	242	1412	656	71	831	47	47	10	73	23	20	18
118	3	170	8	40	14	14	24	17	20	100	22	5	68	4	4	1	6	2	2	1
119	36	2726	65	901	360	162	353	183	206	1173	287	76	876	49	50	10	78	24	21	19
120	184	13683	377	2463	982	1085	1306	1478	1379	5076	1506	368	4034	230	231	47	357	114	97	89
121		227	6	52	21	28	27	19	32	99	25	18	130	8	7	2	12	4	3	3
122	486		1108	9483	4081	2452	4665	3687	3135	17540	6573	1008	11280	634	643	133	998	314	268	248
123	2	184		40	14	12	24	20	17	108	26	5	58	3	3	1	5	2	1	1
124	195	16570	423		1682	922	2870	1132	1198	8588	1901	404	4964	275	283	59	437	135	117	109
125	53	4873	98	1150		245	487	291	309	1692	465	112	1230	69	70	15	109	34	29	27
126	47	1917	57	412	160		218	175	411	829	213	84	906	53	52	11	81	27	22	20
127	108	8770	275	3088	766	525		669	698	7233	1111	220	2847	157	162	34	250	77	67	62
128	39	3520	113	619	233	214	340	146	285	1378	450	77	908	51	52	11	80	25	22	20
129	33	1537	50	336	127	258	182			699	176	61	747	44	43	9	66	22	18	16
130	309	25651	956	7187	2072	1951	5627	2110	2085		3481	625	8112	450	463	96	710	221	190	178
131	110	13615	319	2253	807	565	1225	975	742	4931		224	2650	149	151	31	233	73	63	58
132	23	608	17	139	57	65	70	49	75	258	65		313	18	18	4	29	9	8	7
133	67	2734	85	689	250	281	367	231	369	1345	310	126		231	565	70	475	99	103	155
134	17	663	20	164	60	71	87	56	93	322	75	32	995		59	10	93	38	29	22
135	10	415	13	104	38	43	56	35	56	204	47	19	1507	36		9	67	15	15	20
136	3	118	4	30	11	12	16	10	16	58	13	5	256	9	13		21	4	4	7
137	14	562	17	141	52	58	75	47	76	274	64	27	1105	50	58	13		24	30	35
138	3	110	3	27	10	12	14	9	15	53	12	5	143	13	8	2	15		5	3
139	10	398	12	99	36	42	53	34	55	193	45	19	631	42	35	7	80	22		16
140	7	278	9	70	25	29	37	23	37	136	31	13	719	24	35	8	69	11	12	

Elaboração dos autores.

Assim, o modelo gravitacional foi usado para distribuir as viagens nas matrizes projetadas desses oito produtos. As matrizes de impedância não foram atualizadas para considerar reduções de custos, devido a novas infraestruturas de transportes. Mas, para as próximas revisões da matriz O/D, os algoritmos de aplicação dos modelos de distribuição já estão adequados, bastando atualizar as matrizes de impedância. De qualquer forma, esses produtos utilizam basicamente o modo rodoviário, para o qual não há previsão de grande alteração dos níveis de custo de transporte. Alterações mais relevantes podem ocorrer caso seja viável maior utilização da navegação de cabotagem, hoje ainda limitada pela capacidade portuária, oferta de navios e de soluções integradas de logística porta a porta.

#### 4 RESULTADOS CONSOLIDADOS

A seguir, são apresentados alguns gráficos comparando o volume de transporte de cada produto no ano-base e a cada cinco anos do horizonte projetado, e também nos três cenários de crescimento econômico.

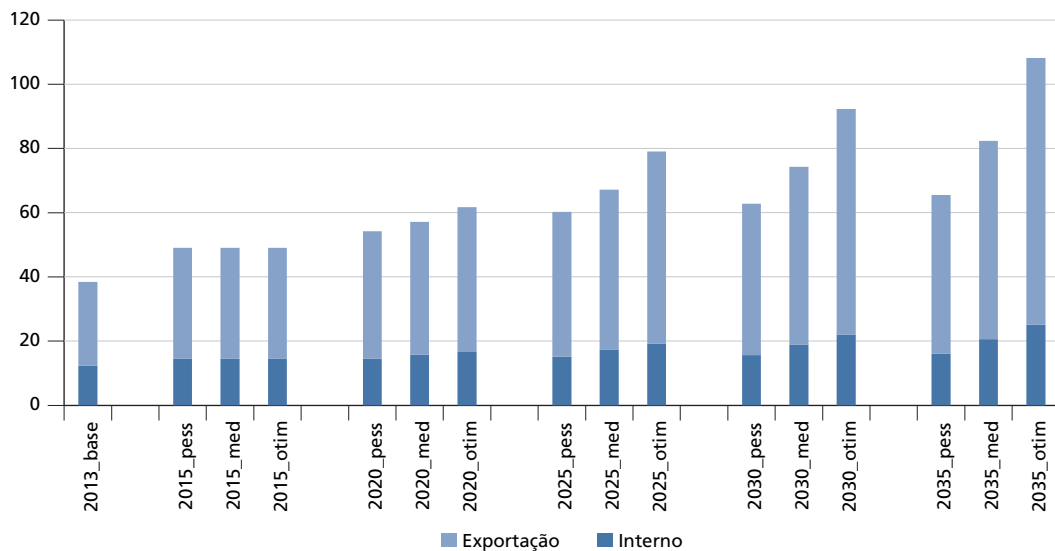
O gráfico 1 apresenta os resultados para os grânéis sólidos agrícolas. Como a matriz foi calibrada para o primeiro semestre de cada ano, o produto *soja em grão* apresenta volume bem maior que os demais. Para o segundo semestre, o volume de *milho em grão* é bem mais representativo. Para soja em grão, observa-se um crescimento bastante pronunciado, resultando do aumento da produção voltada para a exportação. Para o *farelo de soja*, subproduto do processamento da soja para produção de óleo vegetal, o crescimento da movimentação está mais relacionado ao crescimento do consumo interno do óleo, com os excedentes de farelo direcionados para rações animais ou para exportação. O comportamento previsto para o transporte de milho no primeiro semestre de cada ano também é relacionado ao consumo interno.

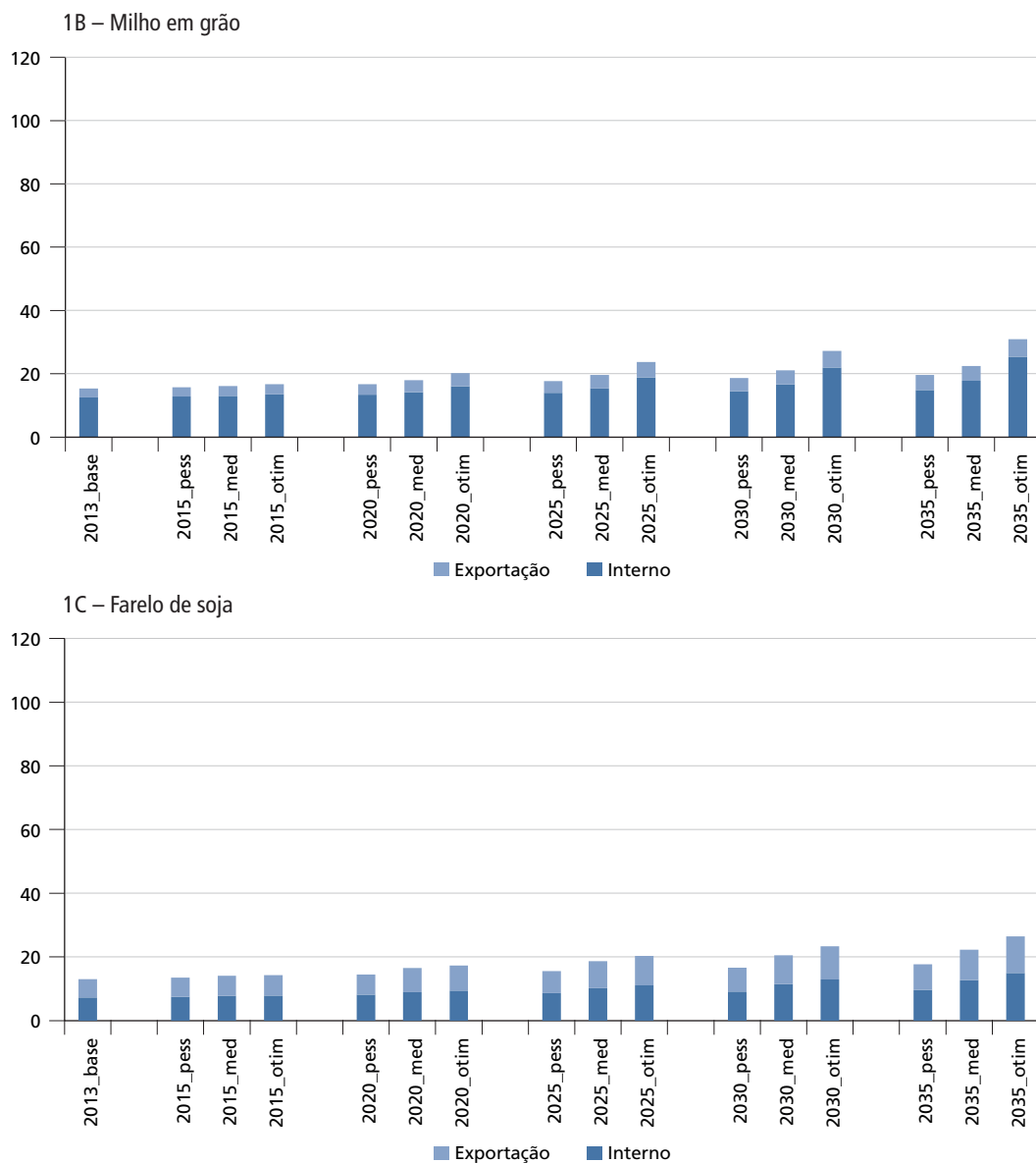
GRÁFICO 1

**Valores de movimentação agregados das projeções de transporte de grânéis sólidos agrícolas**

(Em milhões de toneladas no primeiro semestre de cada ano)

1A – Soja em grão





Elaboração dos autores.

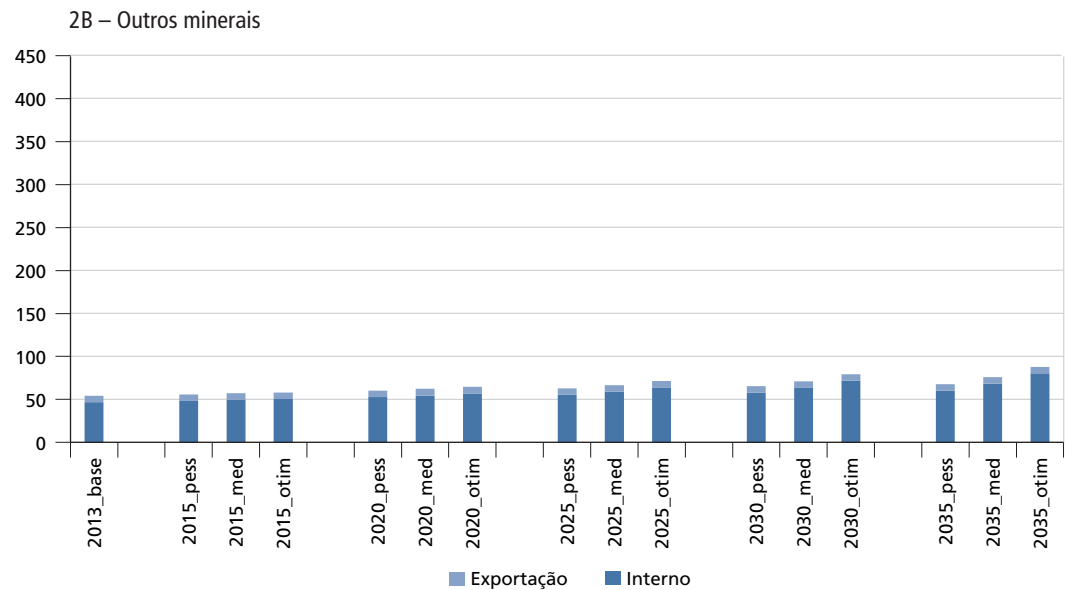
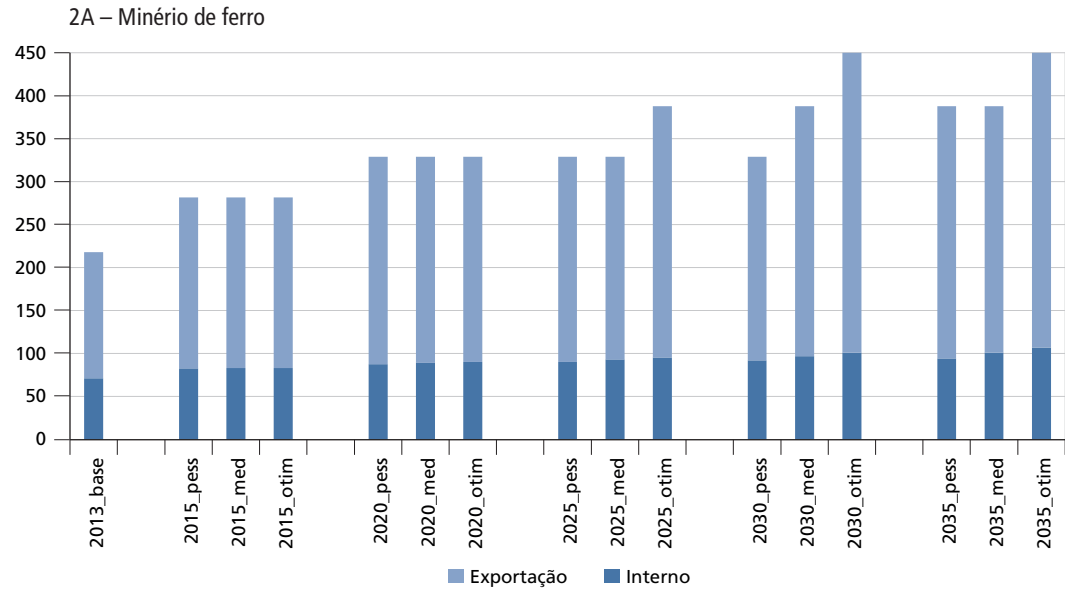
O gráfico 2 apresenta os resultados consolidados para granéis sólidos não agrícolas (granéis minerais). O maior volume é do produto *minério de ferro*. Seu crescimento resulta das projeções de abertura de novas plantas de mineração, tanto em novas minas quanto em existentes. A grande diferença entre cenários decorre de alguns projetos minerários só serem viáveis caso haja oferta de infraestrutura logística. Além disso, não se previu crescimento incremental das plantas atuais, devido, basicamente, à característica de exaustão progressiva das minas, o que leva aos investimentos para produção incremental tipicamente apenas manterem o patamar de produção e aos grandes projetos de incremento de produção das minas atuais já estarem contemplados nas projeções. No produto *outros minerais*, os mais representativos são bauxita, minério de manganês, calcário, areia e brita. Mas também incluem uma série de minerais metálicos não ferrosos e não metálicos, com exceção do carvão mineral. O crescimento é bastante relacionado ao aumento do consumo interno; em especial, o relacionado à construção civil. Cabe ressaltar, entretanto, que boa parte da movimentação desses produtos não está refletida nessas matrizes, pois ocorre internamente às zonas de transporte – isto é, são de curta distância. Isso vale, em especial, para calcário, principalmente o usado como insumo para

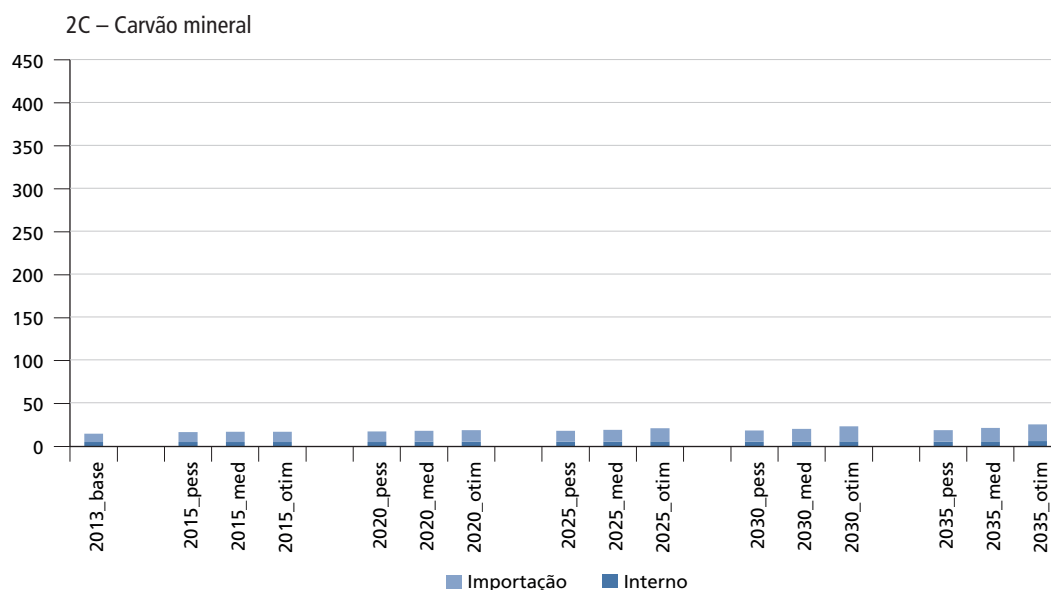


aindústria cimenteira, que tipicamente se localiza próxima às minas, e para os insumos da construção civil (areia e brita). Por fim, nesse grupo, temos o produto *carvão mineral*, que é basicamente usado como insumo da indústria siderúrgica e, em menor grau, para geração termelétrica. O crescimento de sua movimentação está relacionado à previsão de novas plantas dessas indústrias.

GRÁFICO 2

**Valores de movimentação agregados das projeções de transporte de granéis sólidos não agrícolas**  
(Em milhões de toneladas no primeiro semestre de cada ano)





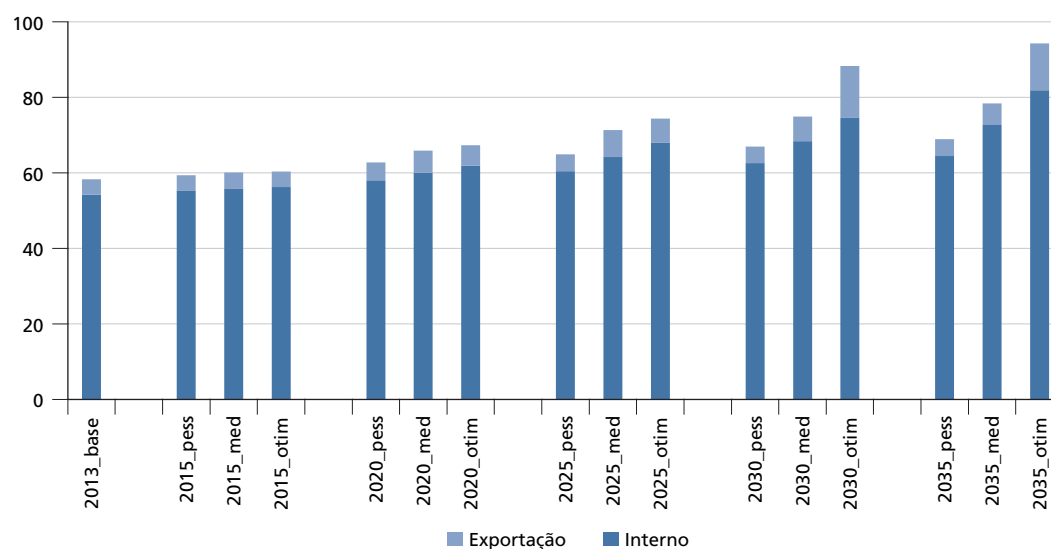
O gráfico 3 apresenta os volumes agregados para as projeções de movimentação de granéis líquidos. O produto *combustíveis* engloba basicamente os derivados de petróleo gasolina, óleo diesel, querosene e óleo combustível, e também os biocombustíveis; mais notadamente, o etanol. O crescimento de movimentação está relacionado ao aumento do consumo do mercado interno, acompanhado pelas novas refinarias de petróleo e pelo aumento da produção de etanol. Apenas nos cenários otimistas de 2030 e 2035, observa-se elevação da produção superior ao consumo interno, levando ao aumento dos volumes exportados. Para o produto *petroquímicos e químicos*, mais heterogêneo, o crescimento do transporte é relacionado ao aumento do consumo interno, suprido por aumento da produção nacional mais notadamente apenas no cenário otimista.

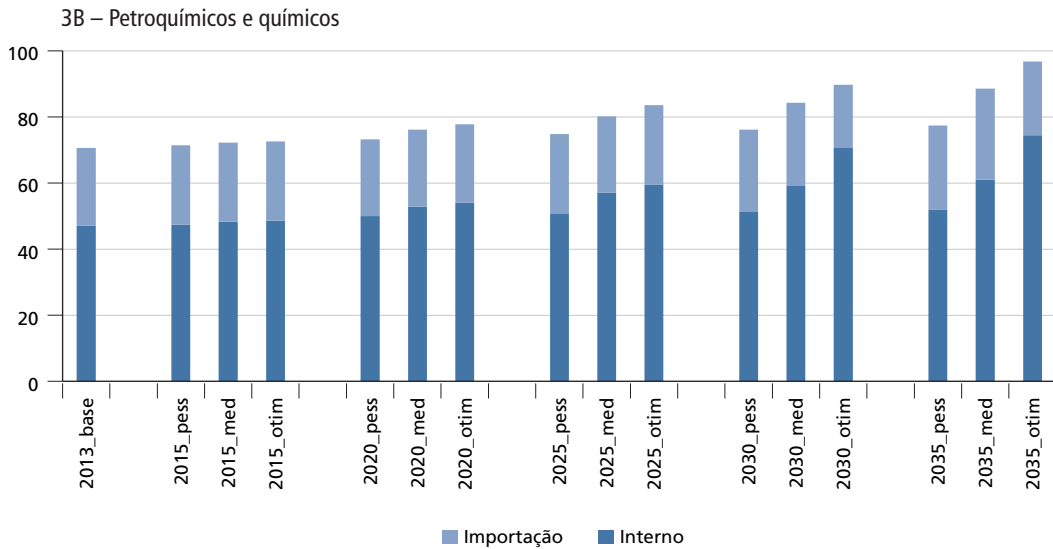
GRÁFICO 3

**Valores de movimentação agregados das projeções de transporte de granéis líquidos**

(Em milhões de toneladas no primeiro semestre de cada ano)

## 3A – Combustíveis





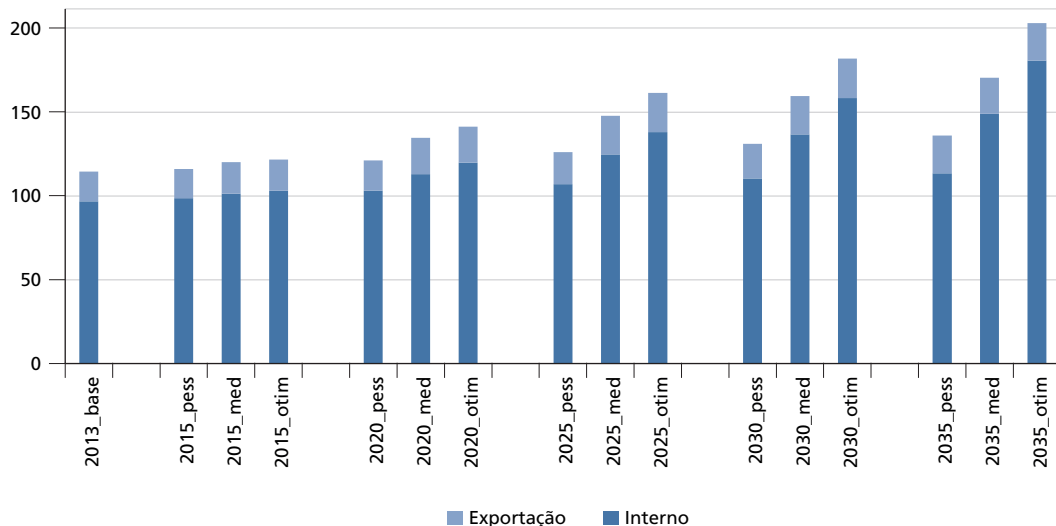
Elaboração dos autores.

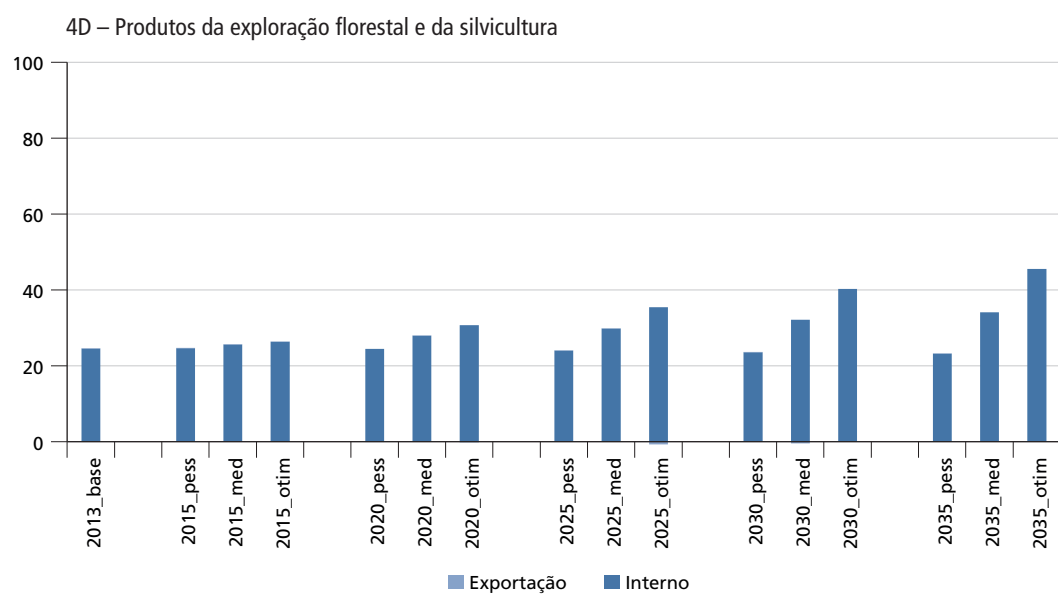
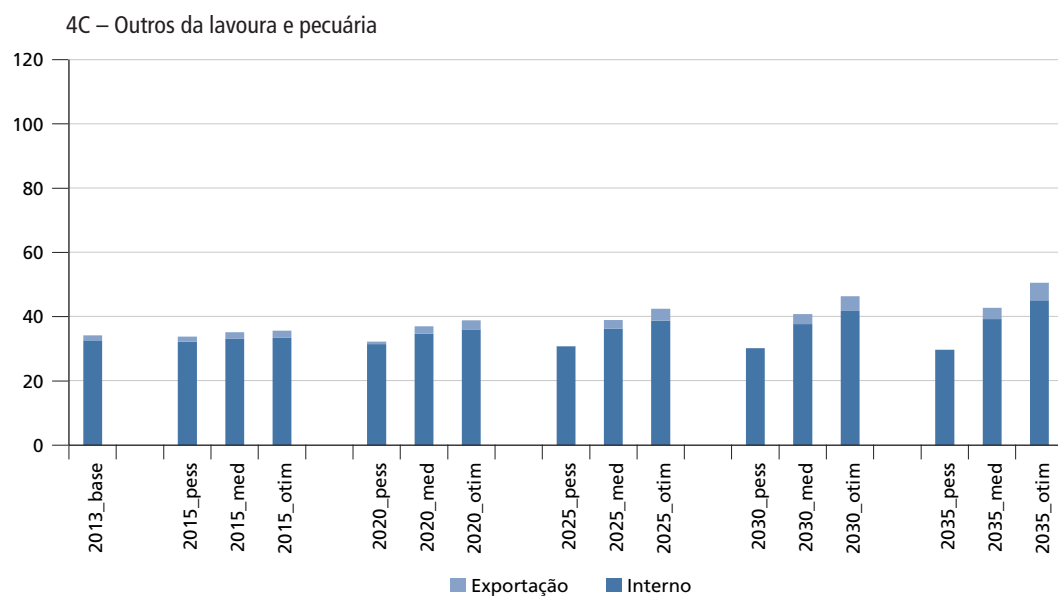
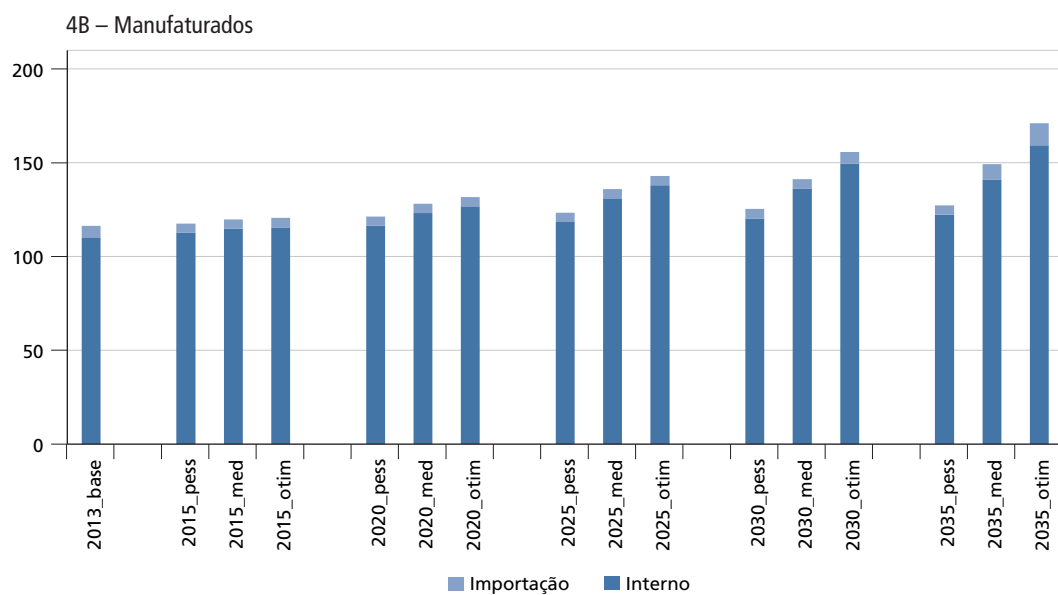
O gráfico 4 apresenta os resultados consolidados para os diversos produtos de carga geral. Os de maior volume são os *alimentos e bebidas (processados)* e *manufaturados*. Todos esses produtos têm crescimento da movimentação relacionado às projeções de crescimento do consumo interno. A exceção é quanto ao produto *celulose e papel*, que tem uma forte vertente de exportação de celulose. Entretanto, durante a elaboração das projeções, não foram identificados grandes aumentos de produção de celulose, que só foram anunciados, em sua maioria, após a calibração das matrizes. Entre os demais produtos, chama atenção o crescimento mais vigoroso de *alimentos e bebidas (processados)* e *outros da lavoura e pecuária*, relacionados ao aumento do consumo de alimentos, e de *produtos da exploração florestal e da silvicultura, cimento e produtos básicos de borracha, plástico e não metálicos*, em parte concernentes ao aumento da atividade de construção civil. Apesar de crescimento relevante, no produto *manufaturados*, que inclui desde produtos siderúrgicos a motores, máquinas, peças e veículos, observam-se taxas menores. Para todos esses produtos, as matrizes são bem “populadas” – isto é, há um grande número de células com valores de viagens consideráveis. Existe, obviamente, concentração de viagens de e para zonas com plantas industriais relevantes ou grandes centros urbanos.

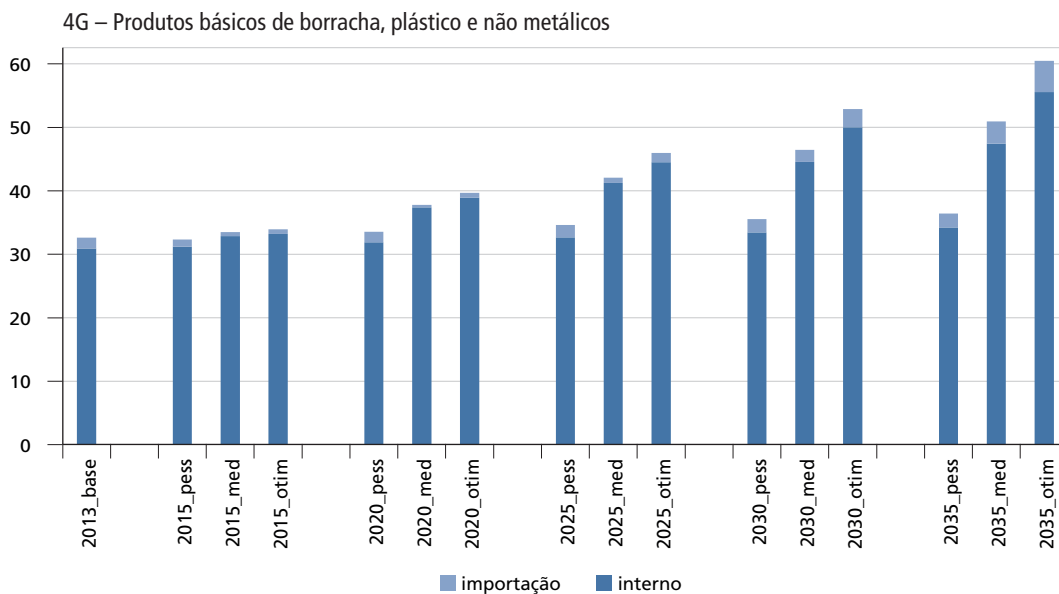
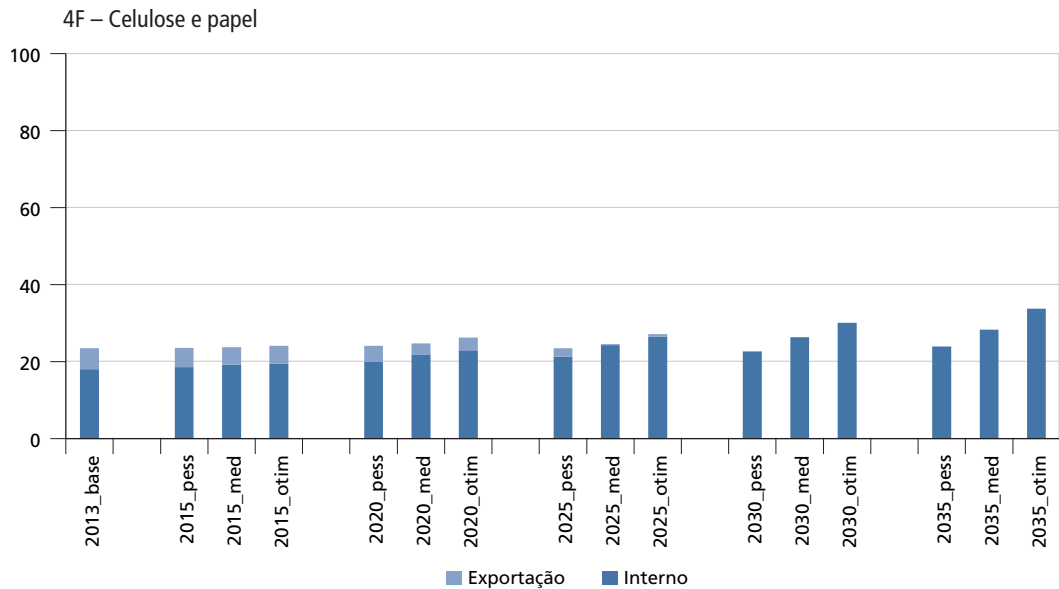
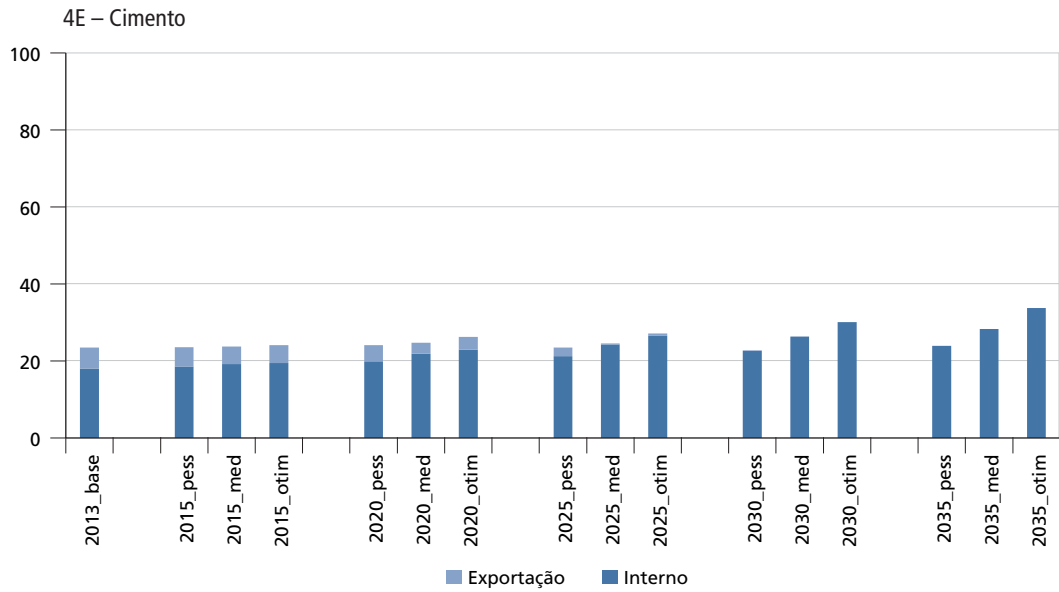
GRÁFICO 4

Valores de movimentação agregados das projeções de transporte de carga geral (Em milhões de toneladas no primeiro semestre de cada ano)

4A – Alimentos e bebidas (processados)





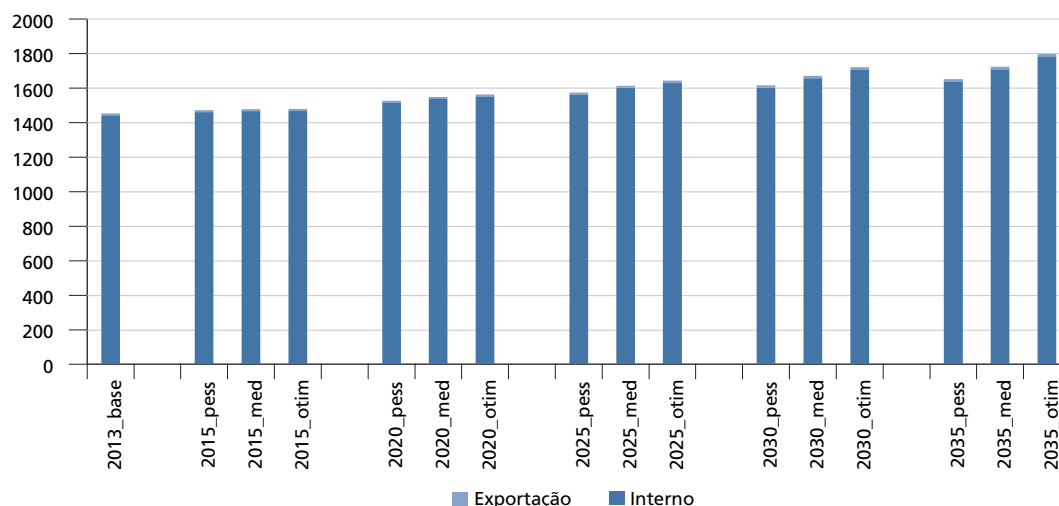


Por fim, o gráfico 5 apresenta as projeções agregadas de transporte de passageiros entre as microrregiões do país e com o exterior. O crescimento da movimentação de passageiros é aderente ao crescimento de população e renda, que foram as variáveis com maior impacto na geração de viagens.

GRÁFICO 5

**Valores de movimentação agregados das projeções de transporte de passageiros**

(Em milhões de passageiros no primeiro semestre de cada ano)



Elaboração dos autores.

A constante revisão das matrizes O/D é recomendada, por basicamente duas razões. A mais óbvia é para que as perspectivas de crescimento econômico, em cada atividade, que é a variável com maior impacto nas projeções de transporte, sejam constantemente atualizadas. Em comparação ao Plano Nacional de Logística e Transporte (Brasil, 2007), que foi elaborado em 2007 e atualizado em 2011, há uma clara redução das taxas de crescimento de movimentação de cargas nas matrizes O/D aqui geradas. Isso se deve, basicamente, ao otimismo quanto ao crescimento econômico vivenciado naquela época. Nessas atualizações, incluem-se, também, os ajustes da conjuntura econômica e seus impactos nas matrizes projetadas para os primeiros anos do horizonte – por exemplo, os primeiros cinco anos. A segunda razão está relacionada a um melhor entendimento da relação entre número de viagens e as variáveis socioeconômicas. Em vez de se estimar os modelos de geração e atração de viagens com base em observações ocorridas em um único ano, os modelos serão estimados em observações de vários anos, a depender da quantidade de matrizes observadas. Com observações de vários anos, pode-se melhor identificar efeitos não visíveis em um único ano, como o efeito de preços de combustíveis e passagens sobre a demanda por transporte. Associando essas razões ao ciclo de planejamento do governo federal brasileiro, propõe-se a revisão das matrizes O/D de transporte inter-regional a cada quatro anos, com antecedência suficiente para que a EPL atualize o PNLI e subsidie o Plano Plurianual.

**REFERÊNCIAS**

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **PNLT: Relatório Executivo 2007**. Brasília: MT, 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/OH9rKj>>.

MARTINEZ, T. S. **Método RAWS/RAW para estimação anual da matriz de insumo-produto**. Brasília: Ipea, abr. 2014. (Nota Técnica, n. 17).

ORTÚZAR, J. D.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling transport**. 4th edition. London: John Wiley & Sons, 2011.



## **Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

### **EDITORIAL**

#### **Coordenação**

Cláudio Passos de Oliveira

#### **Supervisão**

Everson da Silva Moura  
Leonardo Moreira Vallejo

#### **Revisão**

Clícia Silveira Rodrigues  
Idalina Barbara de Castro  
Marcelo Araujo de Sales Aguiar  
Marco Aurélio Dias Pires  
Olavo Mesquita de Carvalho  
Regina Marta de Aguiar  
Reginaldo da Silva Domingos  
Alessandra Farias da Silva (estagiária)  
Lilian de Lima Gonçalves (estagiária)  
Luiz Gustavo Campos de Araújo Souza (estagiário)  
Paulo Ubiratan Araujo Sobrinho (estagiário)  
Pedro Henrique Ximendes Aragão (estagiário)

#### **Editoração**

Bernar José Vieira  
Cristiano Ferreira de Araújo  
Daniella Silva Nogueira  
Danilo Leite de Macedo Tavares  
Jeovah Herculano Szervinsk Junior  
Leonardo Hideki Higa  
Herllyson da Silva Souza (estagiário)

#### **Capa**

Danielle de Oliveira Ayres  
Flaviane Dias de Sant'ana

*The manuscripts in languages other than Portuguese  
published herein have not been proofread.*

#### **Livraria Ipea**

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo  
70076-900 – Brasília – DF  
Tel.: (61) 2026-5336  
Correio eletrônico: [livraria@ipea.gov.br](mailto:livraria@ipea.gov.br)









## **Missão do Ipea**

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO  
**PLANEJAMENTO,  
DESENVOLVIMENTO E GESTÃO**

