



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS INTEGRADOS ECONÔMICO- ENERGÉTICOS

Weslem Rodrigues Faria
Pedro Rochedo

Outubro de 2015



Esse material objetiva a capacitação acerca das metodologias empregadas no projeto “Opções de mitigação de emissões de GEE em setores-chave do Brasil”. Portanto, seu conteúdo não expressa resultados do projeto.



Objetivo

- ///* O terceiro treinamento de modelagem econômica e energética tem como objetivo apresentar as características da modelagem econômica em termos de seu objetivo e premissas, assim como os cenários econômicos utilizados para a geração das informações macroeconômicas e setoriais e apresentar a simulação de impactos econômicos de atividades de baixo carbono. Este treinamento utiliza uma estratégia integrada na apresentação das técnicas de modelagem econômica e energética empregadas no projeto.



Índice

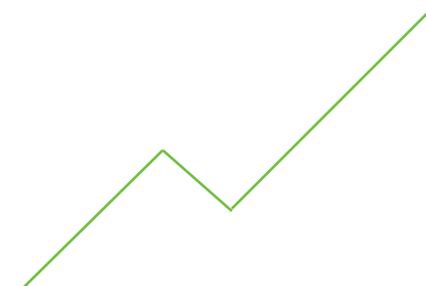
- /// Modelo econômico: objetivos, premissas e fechamento
- /// Estratégia de elaboração de cenários econômicos de longo prazo: interação macroeconômica e setorial
- /// Estratégia de incorporação das projeções econômicas aos cenários setoriais de energia
- /// Estratégia de integração dos resultados setoriais ao modelo de otimização energética
- /// Estratégia de integração do cenário integrado do sistema energético ao modelo econômico para mensuração de impactos econômicos
- /// Simulação de impactos econômicos de atividades de baixo carbono
- /// Referências



Modelo econômico: objetivos, premissas e fechamento

Apresenta as características da modelagem econômica

Weslem Rodrigues Faria





Modelo econômico

- /// **Um modelo é uma representação simplificada da realidade econômica** expressa através de símbolos e operações matemáticas que busca descrever um certo conjunto de relações econômicas.
- /// Um modelo econômico pode ser definido como uma expressão matemática de uma determinada teoria econômica.
- /// O objetivo do modelo não é reproduzir completamente a realidade, mas abstrair aspectos essenciais (e.g. pressupostos e hipóteses) que subsidiam o entendimento de como funcionam fenômenos do mundo real.
- /// As principais características de um modelo econômico são: i) que represente um fenômeno econômico; ii) tenha simplificações e; iii) elaborado de forma matemática.



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Modelo de EGC



Opção pela modelagem

É impraticável confiar apenas na intuição!

A solução padrão é **complementar** e testar o raciocínio econômico e a intuição com algum tipo de modelo formal

Modelos combinam a visão geral das relações relevantes e dos mecanismos de transmissão presentes em uma economia com dados resumindo o que se sabe sobre eles

Modelos **não são substitutos** para o exercício de raciocínio, julgamento e opção de política!



Por que modelos EGC?

Inquietação intelectual no início da década de 1970

Primeiro choque do petróleo: países produtores aumentam o preço do barril de óleo bruto de aproximadamente USD 2 para USD 8

Modelos econométricos não davam as respostas adequadas: “não haveria impactos relevantes”

Fato: crise do petróleo precipitou recessão mundial!

Filosofia de modelagem: “*let the data speak*”

Utilização de modelos EGC teria evitado tal erro

Simulações *ex post* indicaram que o aumento do preço do petróleo, na presença de rigidez salarial, causaria desemprego considerável ao redor do mundo, concomitantemente a reduções de investimento e desaceleração do crescimento econômico



Aplicações

Efeitos de alterações em...

- Impostos, consumo público e contribuições sociais;
- Tarifas e outras barreiras comerciais;
- Tecnologia;
- Preços internacionais;
- Custos de transporte;
- Políticas ambientais

... sobre

- Variáveis macroeconômicas;
- Variáveis setoriais;
- Variáveis regionais;
- Mercado de trabalho;
- Variáveis distributivas;
- Variáveis ambientais



Estado-da-arte

Características da estrutura numérica (coeficientes estruturais e parâmetros comportamentais) trazem incertezas para os resultados

- Enfoque sobre a estrutura numérica (preocupação crescente na literatura)
- Qual a influência dos parâmetros utilizados sobre os resultados obtidos?
- Análise de sensibilidade sistemática
- Análise de sensibilidade estrutural
- Estimação de parâmetros-chave para calibragem (determinação da estrutura numérica)

Papel de formas funcionais

- Confiança excessiva em formas funcionais não-flexíveis
- Abordagem experimentalista vs. Abordagem conservadora (“tratabilidade”)



Estado-da-arte

Custos de transação no espaço

Dinâmica intertemporal das decisões das famílias e investimento

Integração de modelos

Boa prática

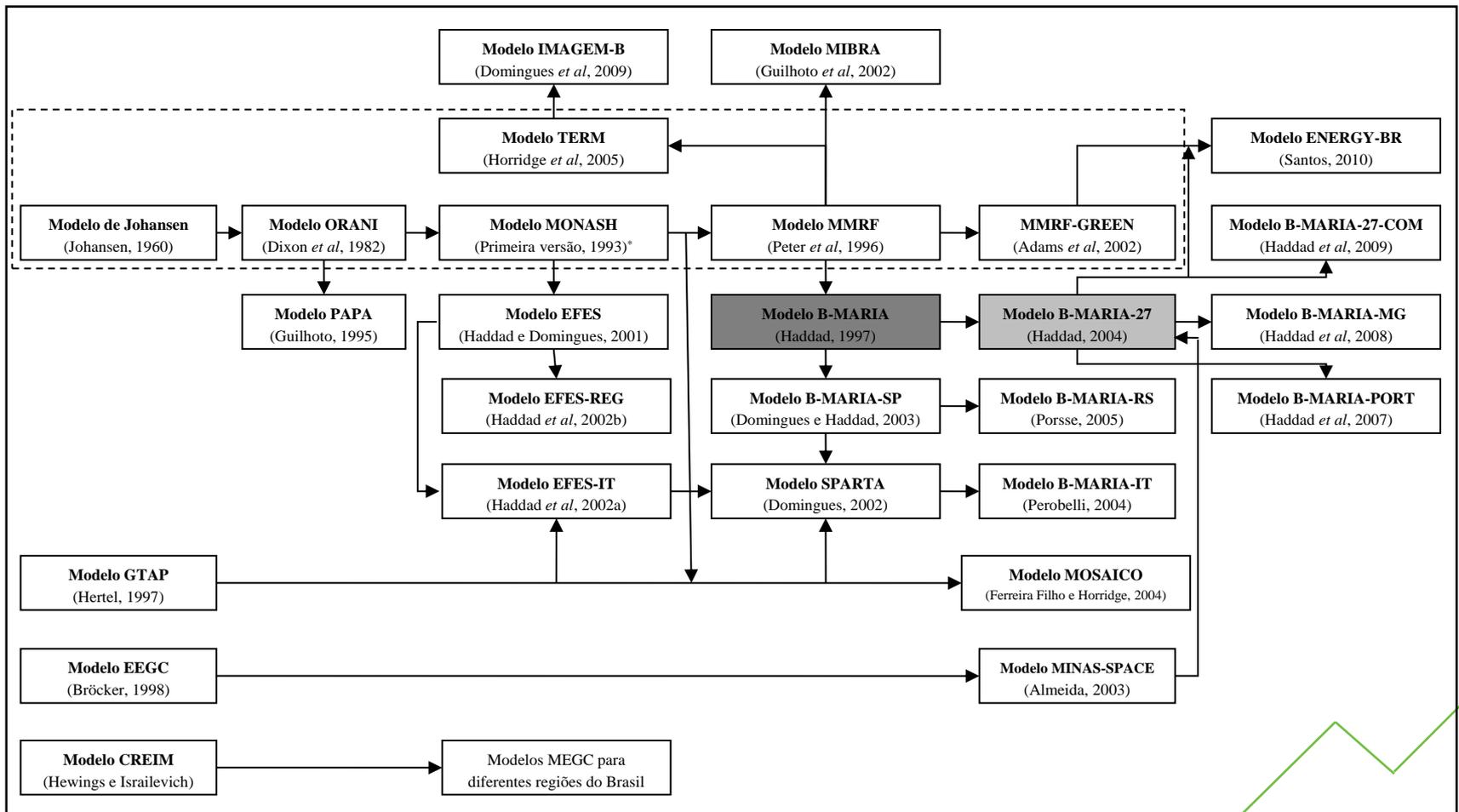
Mecanismos de funcionamento, análise de sensibilidade sistemática, interpretação dos resultados

“Síndrome da caixa-preta”

Modelos operacionais como **bens públicos**



Experiência brasileira





O que é um modelo EGC

- Computável, baseado em dados
- Possui muitos setores
- Em alguns casos muitas regiões, fatores primários e famílias
- Grande banco de dados (matrizes)
- Muitas equações simultâneas (difícil de resolver)
- Preços governam demandas dos agentes
- Preços são determinados pela oferta e demanda
- Foco no comércio: oferta e demanda estrangeira elástica



Características gerais dos modelos EGC

Modelos EGC incluem equações de especificação:

- condições de equilíbrio de mercado de commodities e fatores primários;
- demandas dos produtores por insumos e fatores primários;
- demandas finais (investimento, de uso doméstico, de exportação e do governo);
- a relação de preços para suprir os custos e impostos;
- várias variáveis macroeconômicas e índices de preços.

Neo-classical “flavor”

- equações de demanda consistente com o comportamento de otimização (minimização de custos, maximização da utilidade);
- mercados competitivos: Preço de produtores ao custo marginal.



Simplificações

Reduzida análise dinâmica

Comportamento dos agentes segue estrutura pré-definida, de acordo com a teoria econômica

Pressupostos neoclássicos (otimização, concorrência)

Aninhamento (hipótese de separabilidade)

Porque: dados de séries temporais para grandes matrizes não pode ser encontrado

Teoria e hipóteses substituem (parcialmente) a econometria



Os modelos EGC são adequados para:

Analisar políticas que afetam diferentes setores de formas diferentes

O efeito de uma política em diferentes:

- Setores
- Regiões
- Fatores (Trabalho, capital e terra)
- Tipos de família

Políticas (tarifárias ou subsídios) que ajudam muito um setor, mas prejudica todo o restante um pouco



Questões:

E se a produtividade na agricultura aumentar 1%?

E se a demanda externa por exportações aumentar 5%?

E se as preferências moverem-se em direção aos bens importados?

E se as emissões de CO₂ forem tributadas?

E se a água se tornar escassa?

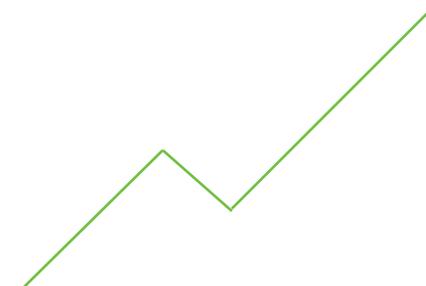
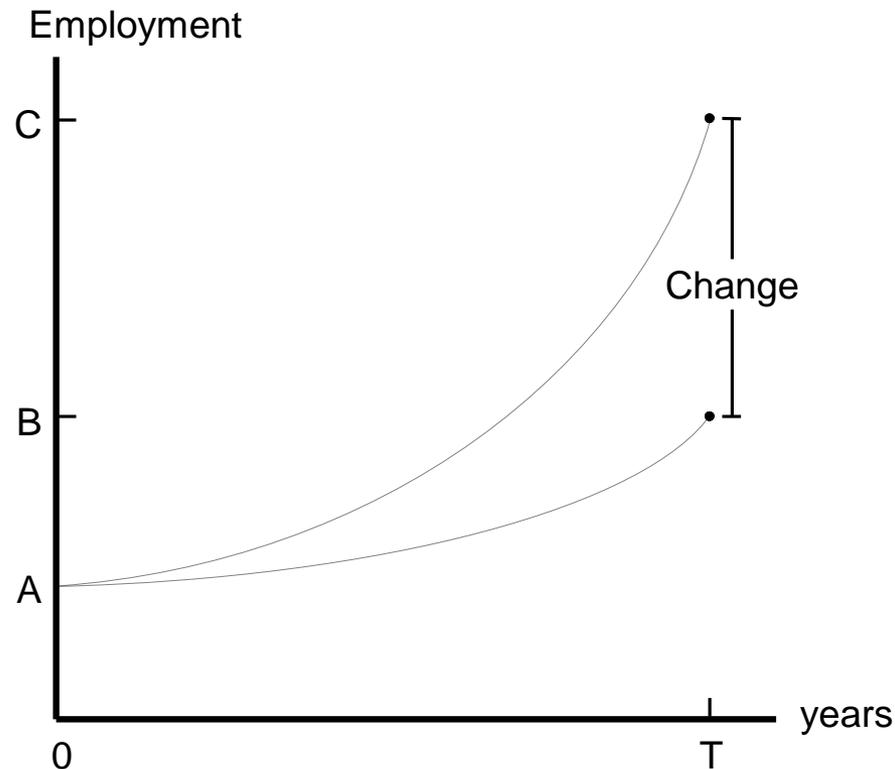
Um grande número de variáveis exógenas (alíquota de impostos, dotações, coeficientes técnicos)

Modelos de estática comparativa: resultados mostram os efeitos de choques de políticas apenas, em termos de mudanças a partir de um equilíbrio inicial



Interpretação dos resultados de estática comparativa

Resultados referem-se a mudanças em algum ponto no futuro





A maioria dos modelos EGC para o Brasil seguem a tradição australiana

Tradição Australiana

Equações em variação percentual
Grande e detalhado banco de dados
Fatores específicos a indústria são fixos
Foco no curto prazo (2 anos)
Muitos preços
Usados para análise de políticas
Vencedores e perdedores
Perdas nas ligações macro
(mais variáveis exógenas)
Variedade de fechamentos
Banco de dados de insumo-produto

Tradição Americana

Equações em nível
Banco de dados menos detalhado
Capital e trabalho tem mobilidade
Médio e longo prazos (7-20 anos)
Poucos preços
Provar aspectos teóricos
Bem-estar nacional
Modelo fechado: oferta de trabalho
ligação entre renda e gastos
Um fechamento principal
Matriz de contabilidade social



Modelagem regional

Intenso interesse em resultados regionais

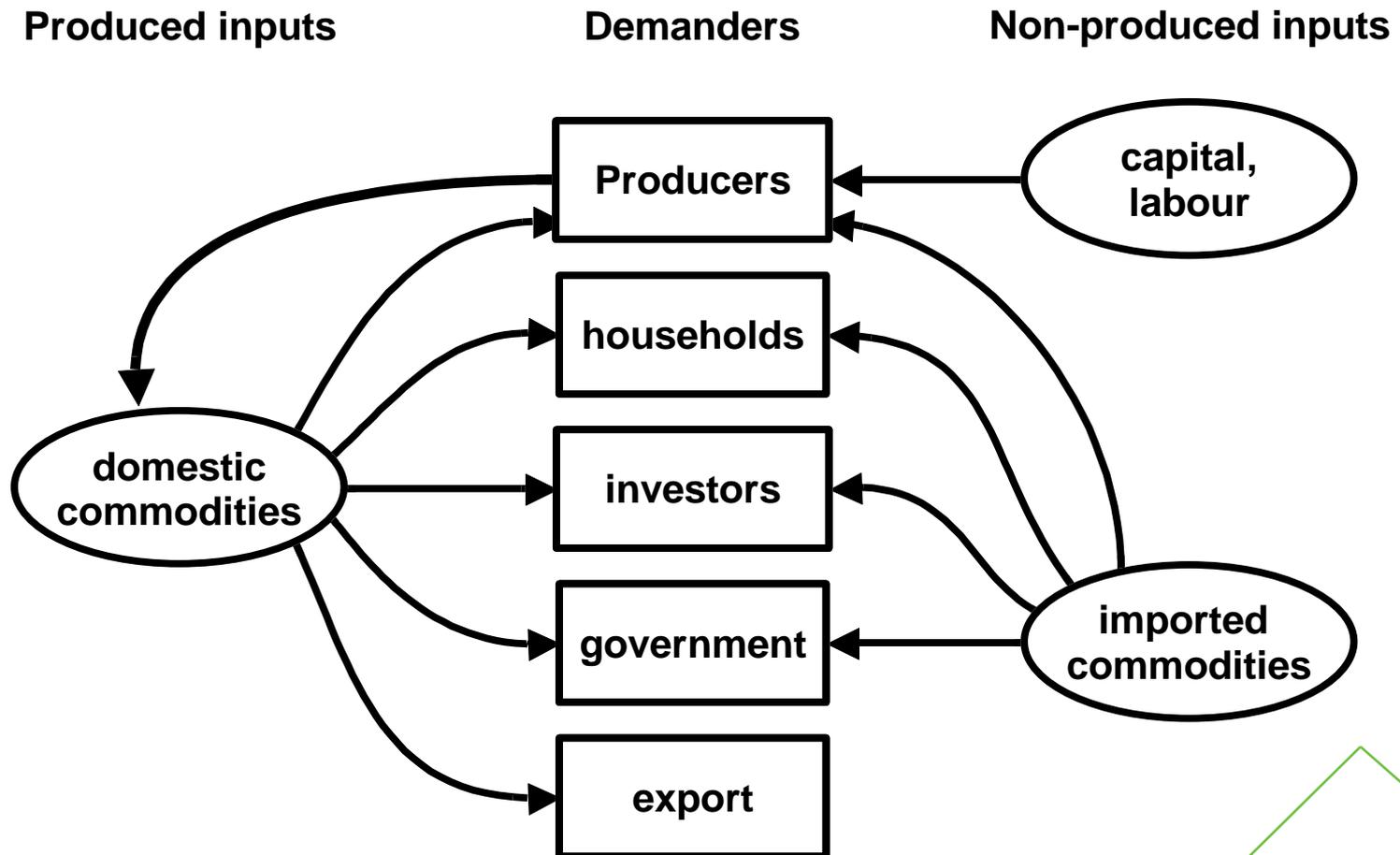
Políticas que são adequadas para a nação pode não ser factível para uma região

Assistência a uma região pode prejudicar a nação

Duas abordagens: **Bottom-Up** ou Top-Down

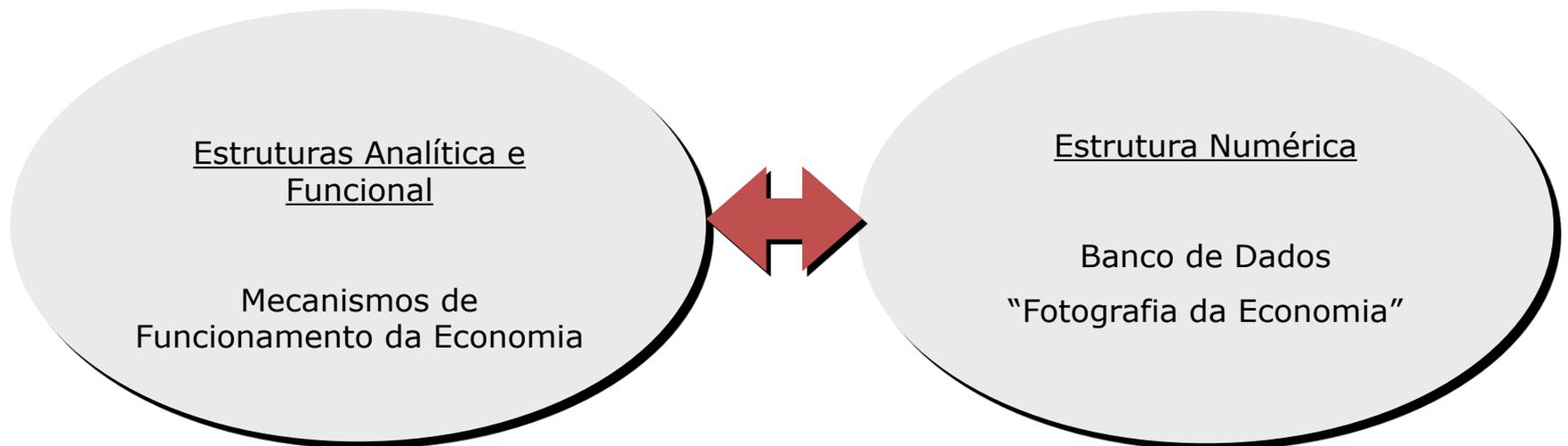


Modelo EG estilizado: fluxo





Modelos EGC – Definição





Estrutura aninhada de produção

Em cada indústria: Produto = função dos insumos:

produto = $F(\text{insumos}) = F(\text{Trabalho, Capital, Terra, bens dom, bens imp})$

Hipótese de separabilidade simplifica a estrutura de produção:

produto = $F(\text{composto de fatores primários, composto de bens})$

onde: composto de fatores primários = $CES(\text{Trabalho, Capital, Terra})$

trabalho = $CES(\text{Vários níveis de escolaridade})$

bem composto (i) = $CES(\text{bem doméstico (i), bem importado (i)})$

Todas as indústrias compartilham de uma estrutura de produção comum

PORÉM: Proporções no uso de insumo e parâmetros comportamentais podem variar

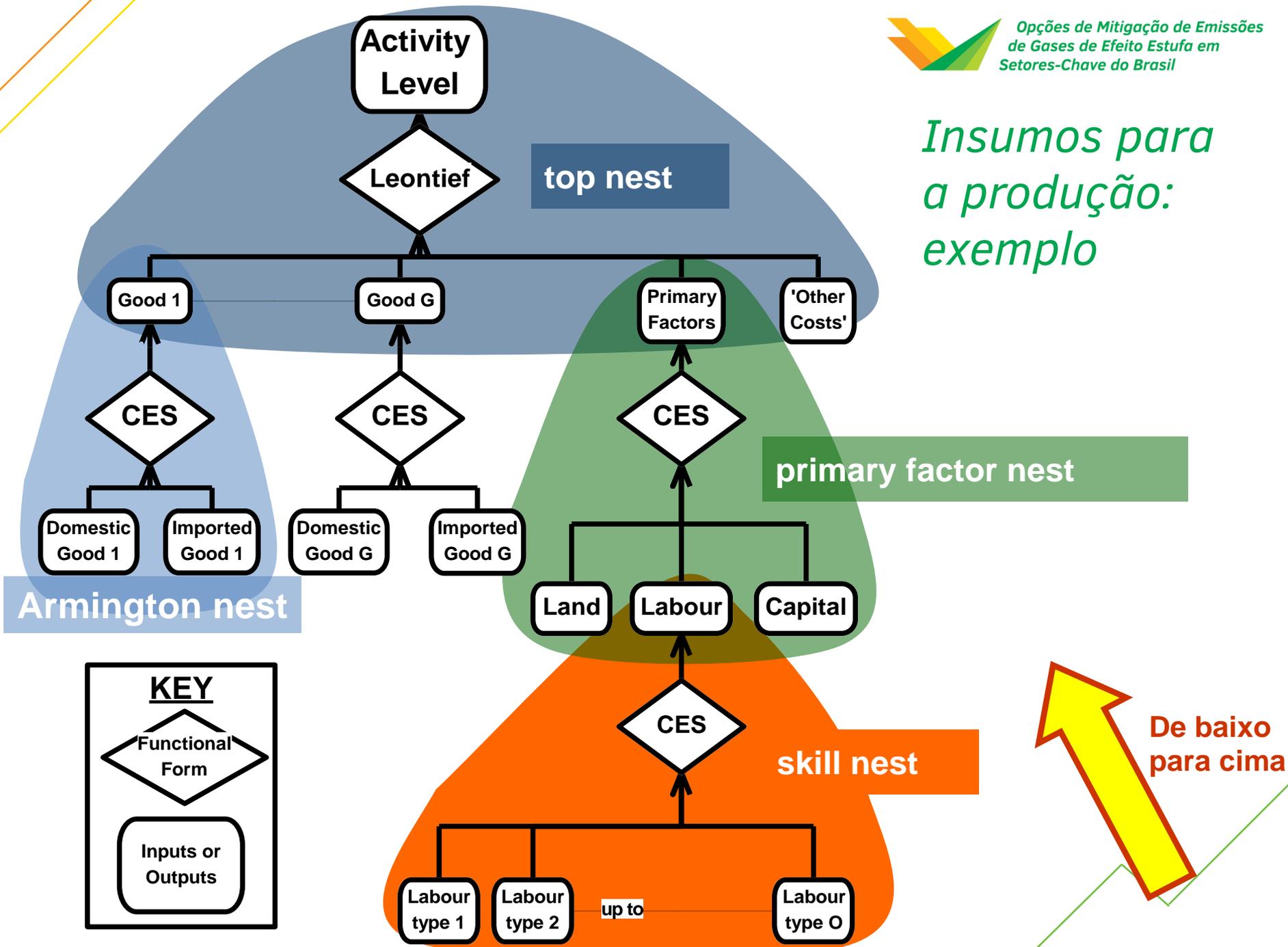
Aninhamento é como decisões em etapas:

Primeiro decide quanto couro utilizar — com base no produto

Então decide a proporção entre doméstico/importado dependendo dos preços relativos do couro nacional e estrangeiro

Cada formação requer 2 ou 3 equações

Insumos para a produção: exemplo



Activity Level

Leontief

top nest

Good 1

Good G

Primary Factors

'Other Costs'

CES

CES

CES

primary factor nest

Domestic Good 1

Imported Good 1

Domestic Good G

Imported Good G

Land

Labour

Capital

Armington nest

CES

skill nest

Labour type 1

Labour type 2

up to

Labour type O

KEY

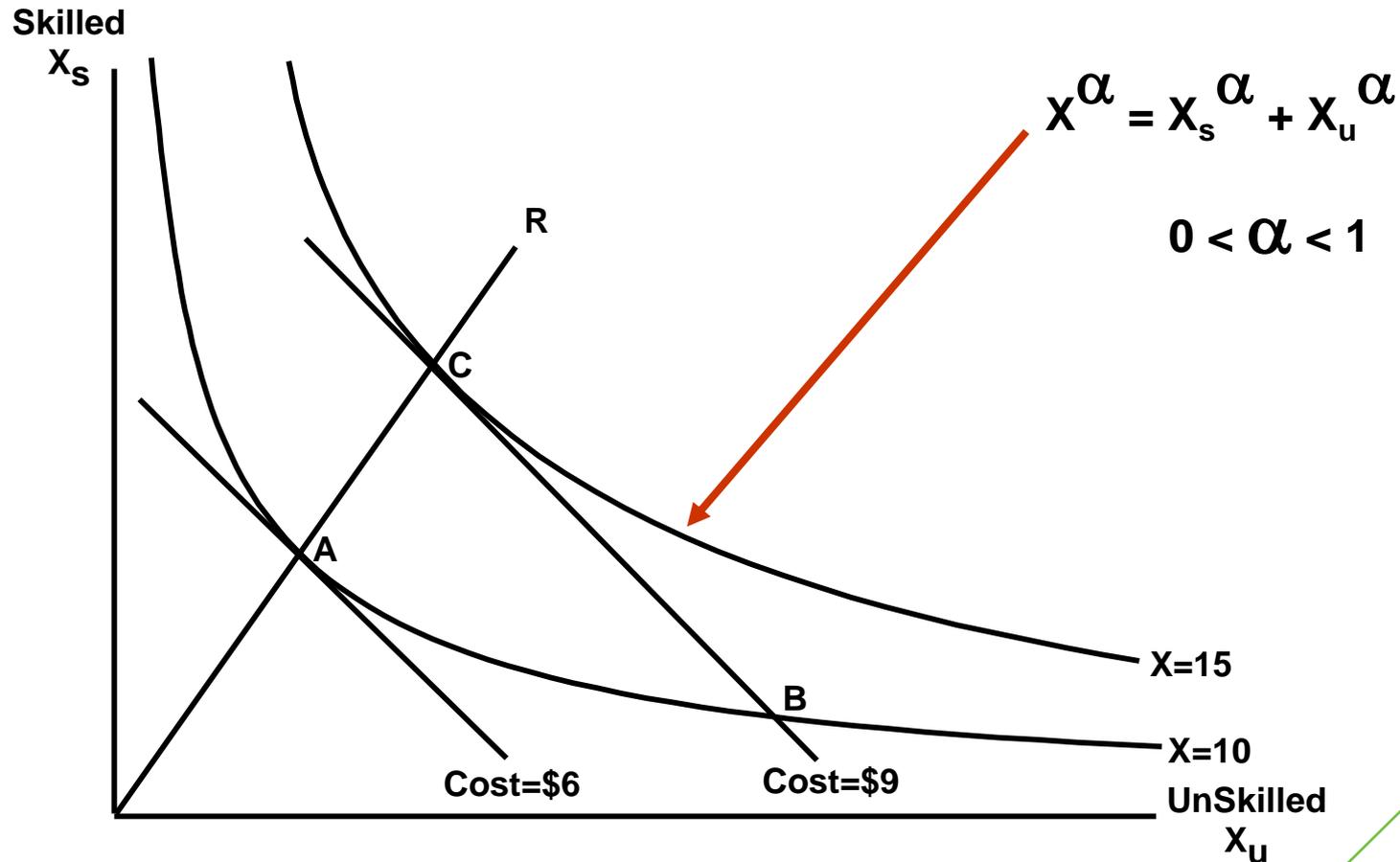
Functional Form

Inputs or Outputs

De baixo para cima

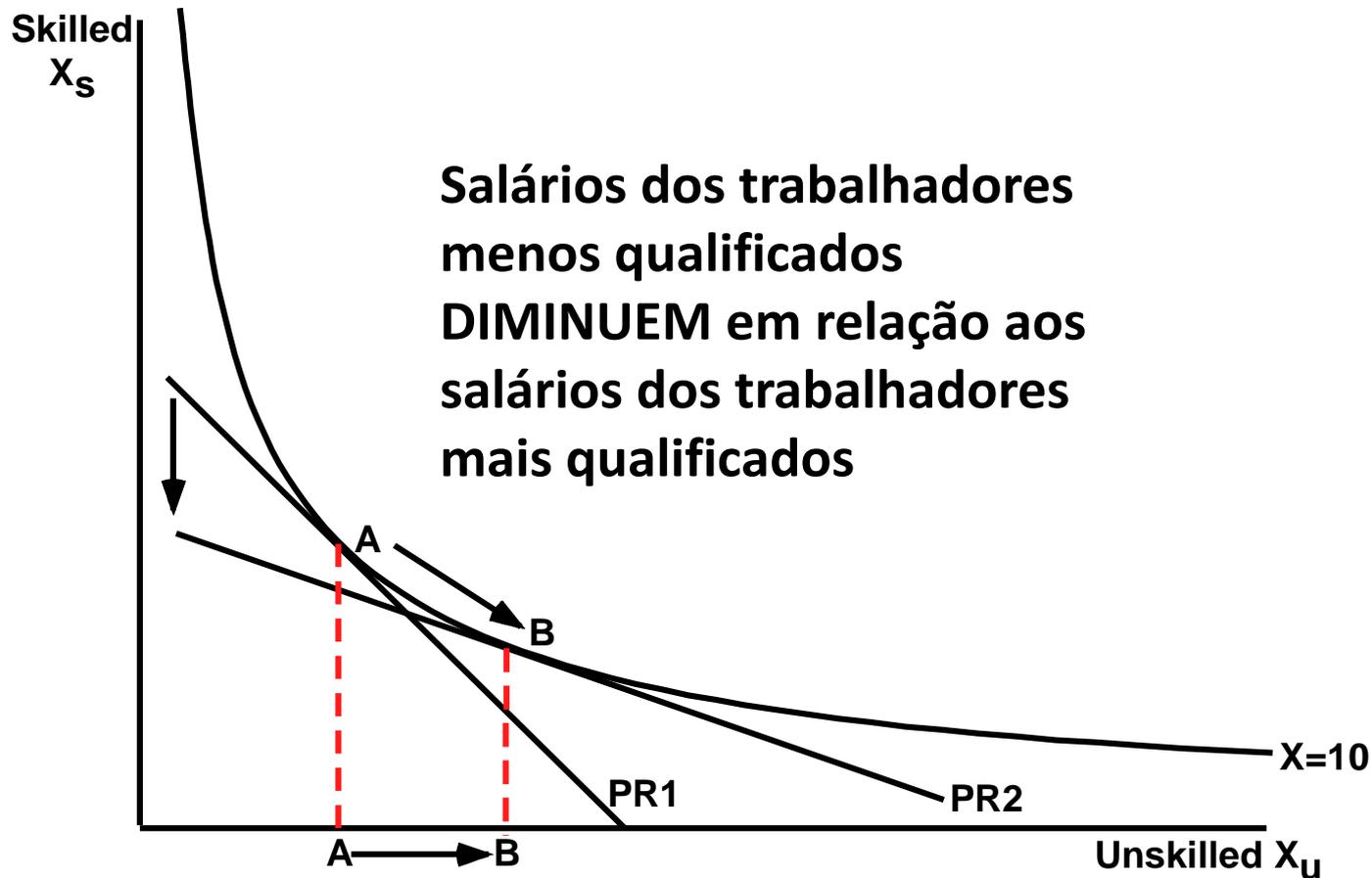


Exemplo 1: Substituição CES por nível de escolaridade (qualificação)



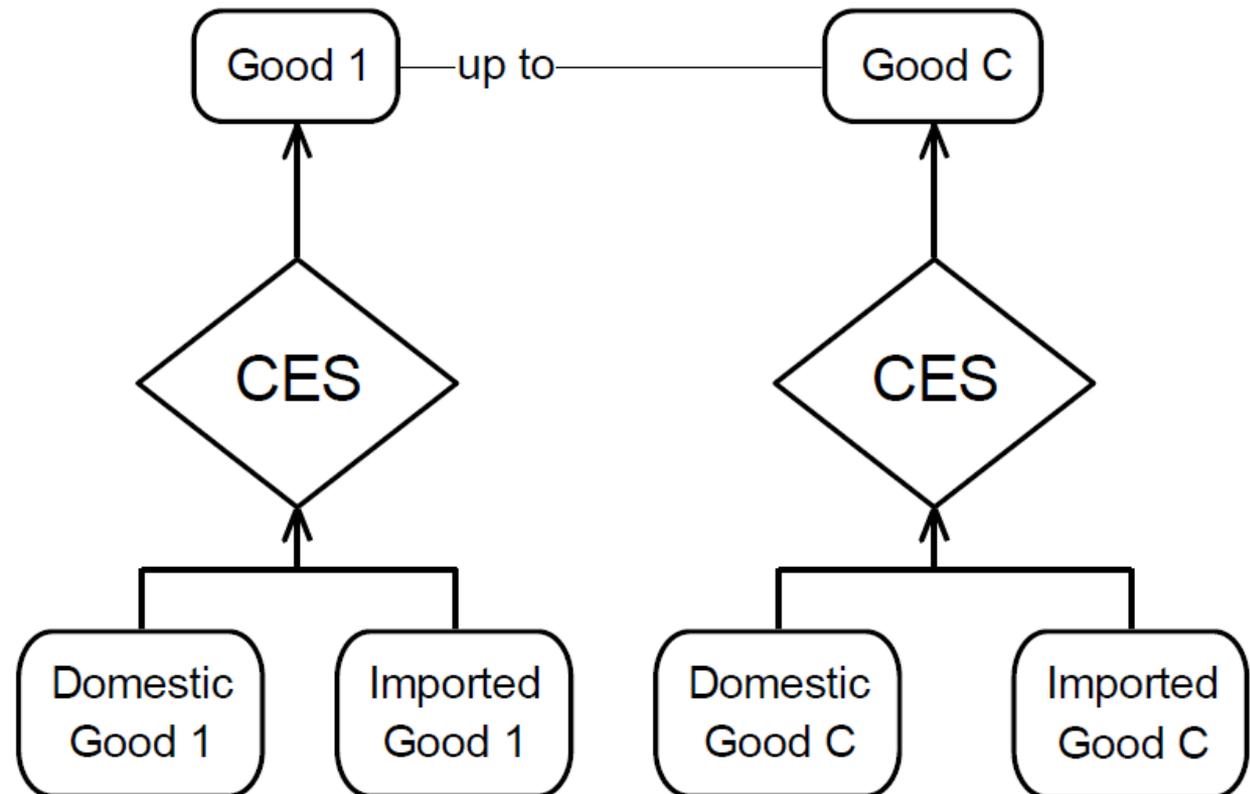
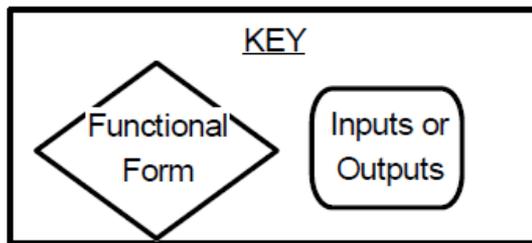


Efeito da mudança de preço





Exemplo 2: Substituição entre insumos domésticos e importados



Hipóteses de Armington:

Agregação CES para diferentes fontes

Parâmetros específicos para cada bem

Mesma estrutura para todos os usuários



Exemplo numérico de demanda CES

$p = S_d p_d + S_m p_m$ preço médio do alimento dom e imp

$x_d = x - \sigma(p_d - p)$ demanda por alimento doméstico

$x_m = x - \sigma(p_m - p)$ demanda por alimento importado

Suponha que $p_m = -10\%$, $x = p_d = 0$, $S_m = 0.3$ e $\sigma = 2$. Isso fornece:

$$p = 0.3 * (-10\%) = -3$$

reduz o preço médio dos imp

$$x_d = -2 * (-(-3\%)) = -6$$

reduz a demanda doméstica

$$x_m = -2 * (-10\% - (-3\%)) = 14$$

aumenta o volume de importações

Efeito nas vendas domésticas é proporcional a S_m and σ .



Modelos Johansen

Classe de modelos EG em que um equilíbrio é um vetor V , de extensão n que satisfaz um sistema de equações

$$F(V) = 0 \quad (1)$$

onde F é uma função vetorial de extensão m .

Assume-se que F é diferenciável e que o número de variáveis, n , excede o número de equações m .

A abordagem de Johansen é derivar de (1) um sistema de equações lineares em que as variáveis são variações, variações percentuais ou variações no logaritmo dos componentes de V .



Ilustração

Assumiremos que o sistema (1) consiste de 2 equações e 3 variáveis e tem a seguinte forma

$$\begin{cases} V_1^2 V_3 - 1 = 0 \\ V_1 + V_2 - 2 = 0 \end{cases}$$

V_1 e V_2 (endógenas); V_3 (exógena)

$$\begin{cases} V_1 = V_3^{-1/2} \\ V_2 = 2 - V_3^{-1/2} \end{cases}$$

Ilustração

Solução inicial: $V^I = (V_1^I, V_2^I, V_3^I) = (1, 1, 1)$

Qual é o efeito sobre V_1 e V_2 de uma variação em V_3 de 1 para 1.1?

$$V_1 = 0.9535$$

$$V_2 = 1.0465$$

Abordagem de Johansen:

- Complexidade e tamanho do sistema (1) normalmente exclui a possibilidade de derivar disso equações com soluções explícitas
- Resolver uma versão linearizada de (1)

	Eq. inicial	Var. em V3	
V1	1		
V2	1		
V3	1	1,1	10%
$\begin{cases} V_1 = V_3^{-1/2} \\ V_2 = 2 - V_3^{-1/2} \end{cases}$			
			Var. em V1 e V2
V1	1	0,953	-4,654%
V2	1	1,047	4,654%



Passo a passo

De (1) a forma diferencial:

$$A(V)v = 0 \quad (2)$$

v é normalmente interpretado como variações percentuais ou variações no logaritmo das variáveis V .

Computação ao estilo Johansen faz uso de uma solução inicial, V^I , com resultados sendo reportados usualmente como desvios percentuais da solução inicial.

$A(V) \rightarrow A(V^I)$ matriz ("modelo")



Passo a passo

Derivação de (2) é por diferenciação total de (1):

$$\begin{bmatrix} 2V_1V_3 & 0 & V_1^2 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dV_1 \\ dV_2 \\ dV_3 \end{bmatrix} = 0 \quad \begin{cases} V_1^2V_3 - 1 = 0 \\ V_1 + V_2 - 2 = 0 \end{cases}$$

Se $V = V^I$,

$$A(V^I)v = 0 \tag{3}$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dV_1 \\ dV_2 \\ dV_3 \end{bmatrix} = 0$$



Passo a passo

Escolhendo V_3 como exógena:

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dV_1 \\ dV_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} dV_3 = 0$$

$$A_\alpha(V^I)v_\alpha + A_\beta(V^I)v_\beta = 0 \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} dV_1 \\ dV_2 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} dV_3$$

$$v_\alpha = -A_\alpha^{-1}(V^I)A_\beta(V^I)v_\beta \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} dV_1 \\ dV_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} dV_3$$

$$v_\alpha = B(V^I)v_\beta \quad (6)$$



Alguma diferença?

Antes: $V_3 \uparrow 10\% \rightarrow V_1 \downarrow 4.65\%, V_2 \uparrow 4.65\%$

Agora: $V_3 \uparrow 10\% \rightarrow V_1 \downarrow 5\%, V_2 \uparrow 5\%$

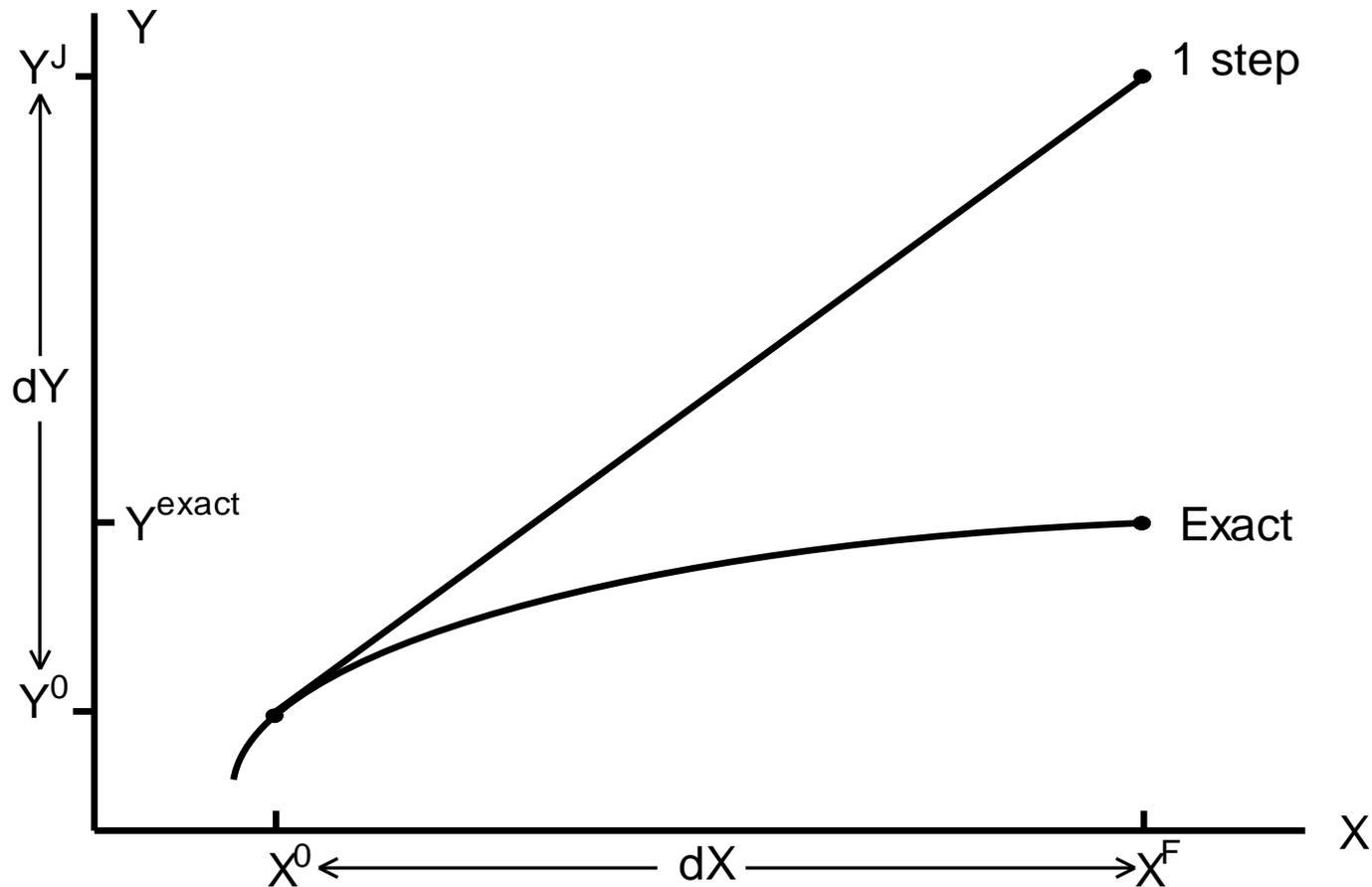
Diferenças devem-se aos erros de linearização...

As operações fornecem os valores das derivadas ou elasticidades apenas para os valores iniciais, V^I , das variáveis.

Quando se afasta de V^I , as derivadas ou elasticidades mudam.



Erro de linearização

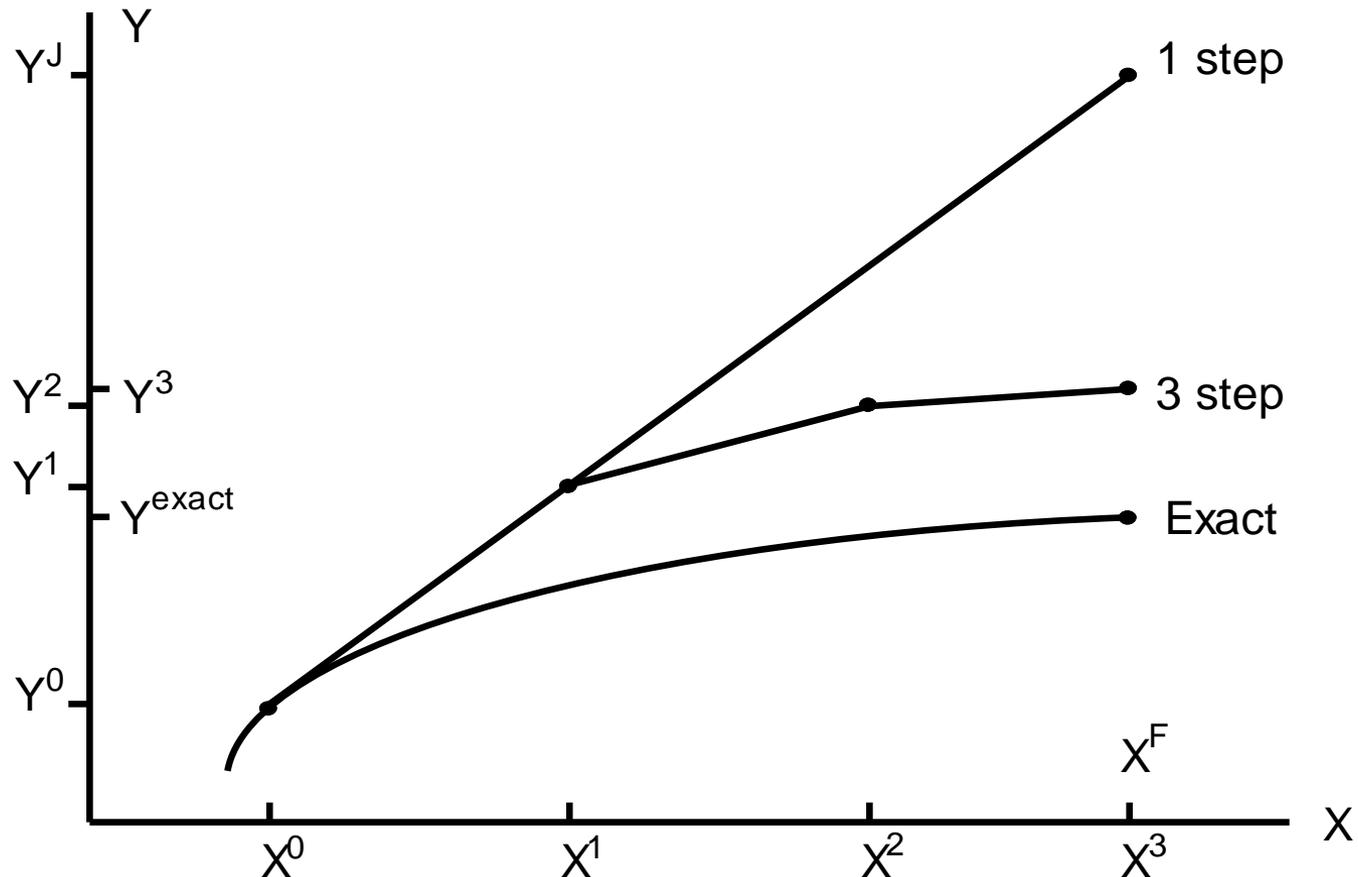


Y^J é a estimativa de *Johansen*

O erro é proporcionalmente menor para menores variações



Quebrando grandes variações em X em um grande número de etapas



Processo em várias etapas para reduzir o erro de linearização



Método de Johansen (sumário)

1. Começamos com as equações do modelo representadas em níveis
2. As equações são linearizadas: toma diferenciação total de cada equação
3. Expressões em diferenciação total convertidas para a forma de variação %
4. Equações lineares avaliadas na solução inicial
5. Variáveis exógenas escolhidas; modelo então solucionado para mudanças nas variáveis endógenas, dados valores para as variáveis exógenas

Multi-step, extrapolação

Mas, um problema: Erro de linearização



Implementação

1. Desenvolvimento de uma estrutura teórica
2. Linearização das equações do modelo
 - Hipóteses (comportamento das famílias e firmas)
 - Forma estrutural (equilíbrio)
 - Transformação das equações para variação percentual
3. Uso de dados de insumo-produto para fornecer estimativas de proporções de custos e vendas
4. Desenvolvimento de um programa de computador flexível para manipular o sistema linear (GEMPACK)



Limitações metodológicas

Modelos EGC não são testáveis do ponto de vista estatístico

- Validação por comparação explícita com dados históricos pode ser feita apenas com modelos datados
- Modelos estáticos devem ser validados heurísticamente
- Comparação direta com episódios históricos
- Razoabilidade da especificação e parâmetros

“Model pre-selection”: necessidade de se especificar hipóteses de funcionamento da economia antes da implementação do modelo

Desenho e representações de variáveis de políticas em modelos EGC

Trajetória temporal dinâmica (tecnologia, aprendizado, externalidades e economia política)



Caminhos futuros

Desafios de incorporação nos modelos de ideias da microeconomia e da macroeconomia modernas

- Inclusão de diferenciação de produtos ao nível da firma, economias de escala, discriminação de preços e comportamento baseado na teoria dos jogos, risco
- Expectativas racionais, diferenças entre os efeitos de choques antecipados e não-antecipados, mudanças técnicas associada à acumulação de capital humano

Desafios de atualização, mensuração e estimação de componentes do banco de dados

Desafios de representação dos resultados de maneira clara e convincente

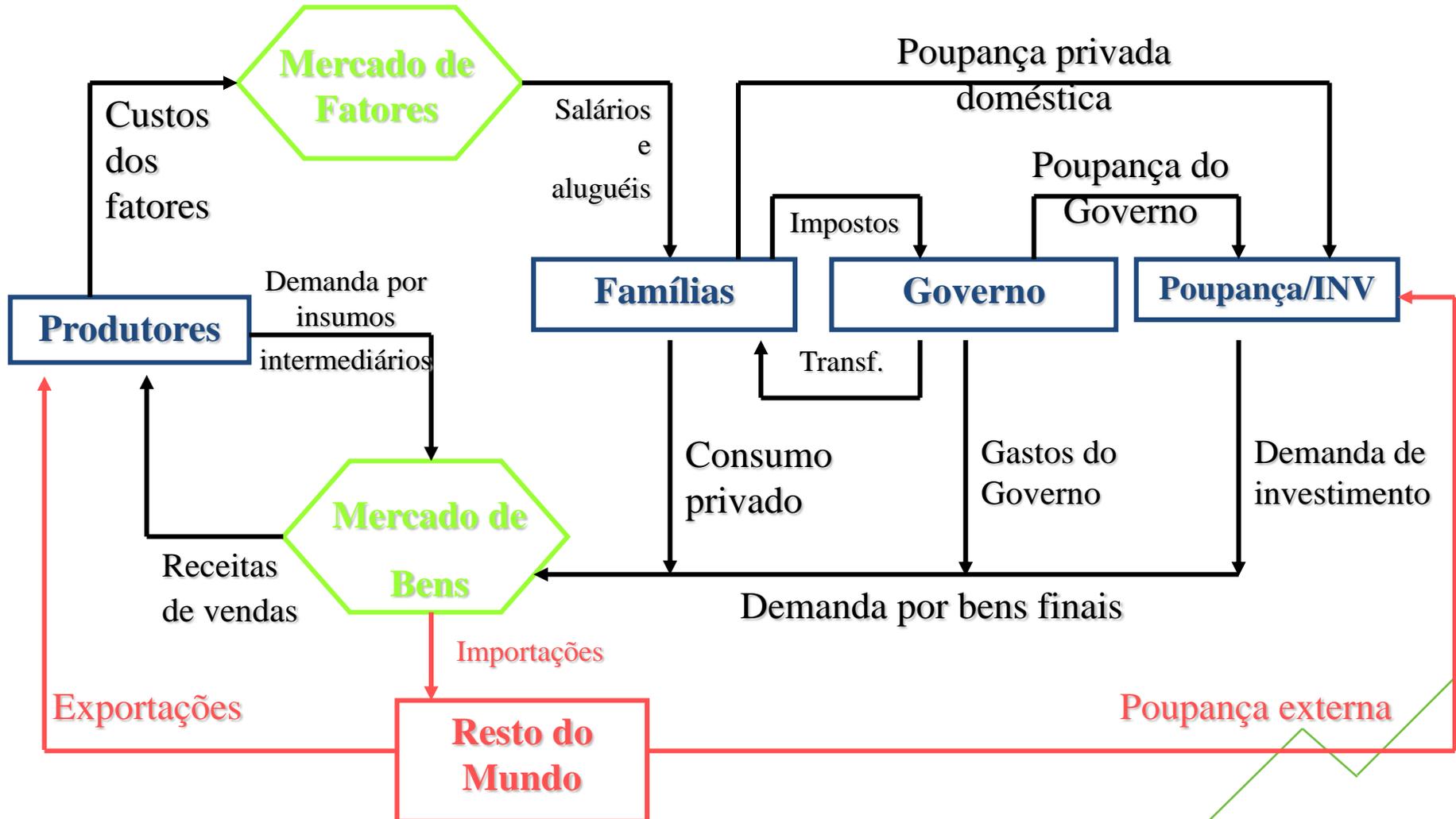
Desafios de integração metodológica de modelos, tendo um modelo EGC como núcleo central de modelagem



Como alimentar um modelo EGC



Fluxo circular da renda



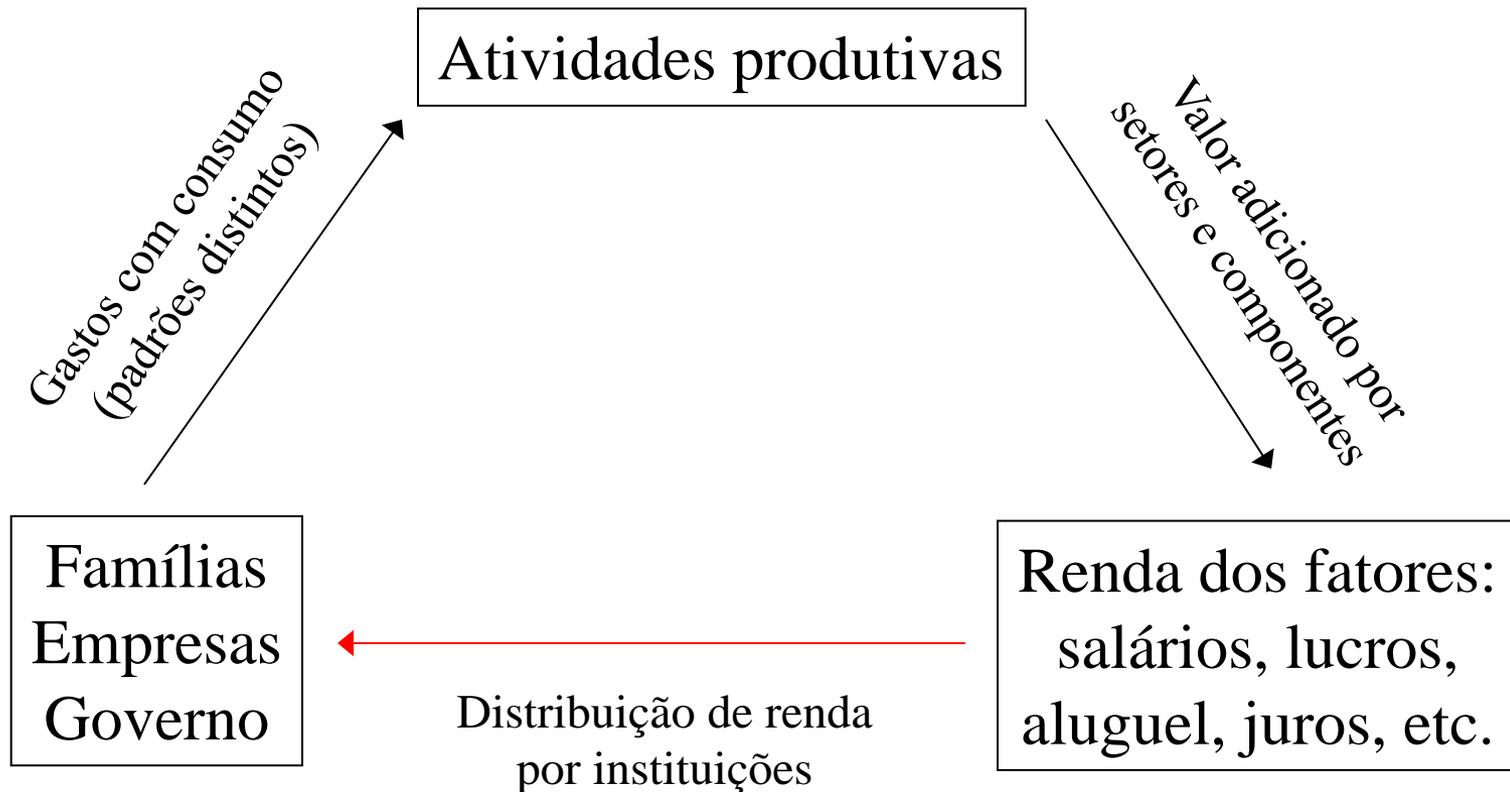


Um arcabouço ampliado para organização de informações econômicas para uma dada **SOCIEDADE**

- A MCS complementa e amplia os arcabouços restritos dos sistemas de estatísticas macro, meso e microeconômicos:
 - A MCS descreve a circularidade dos fluxos econômicos de acordo com o tripé « produção-renda-demanda »: demanda gera produção que gera renda que gera demanda. Assim, os seguintes elementos podem ser representados e conectados de maneira consistente:
 - ❶ O processo de produção
 - ❷ A origem e a distribuição da renda entre os agentes econômicos
 - ❸ A alocação da renda pelos agentes, entre os vários usos



Relações Simplificadas entre as Principais Contas da MCS: Tripé de Circularidade – Região Isolada



→ Relações não cobertas pelo modelo de insumo-produto



MCS: Banco de dados para modelagem

A MCS é o arcabouço preferido para modelos de equilíbrio geral computável.

Uma vez que os dados para um país, em um determinado ano, sejam organizados no formato de uma MCS, obtém-se um retrato estático que pode revelar elementos estruturais importantes daquela economia (King, 1990)

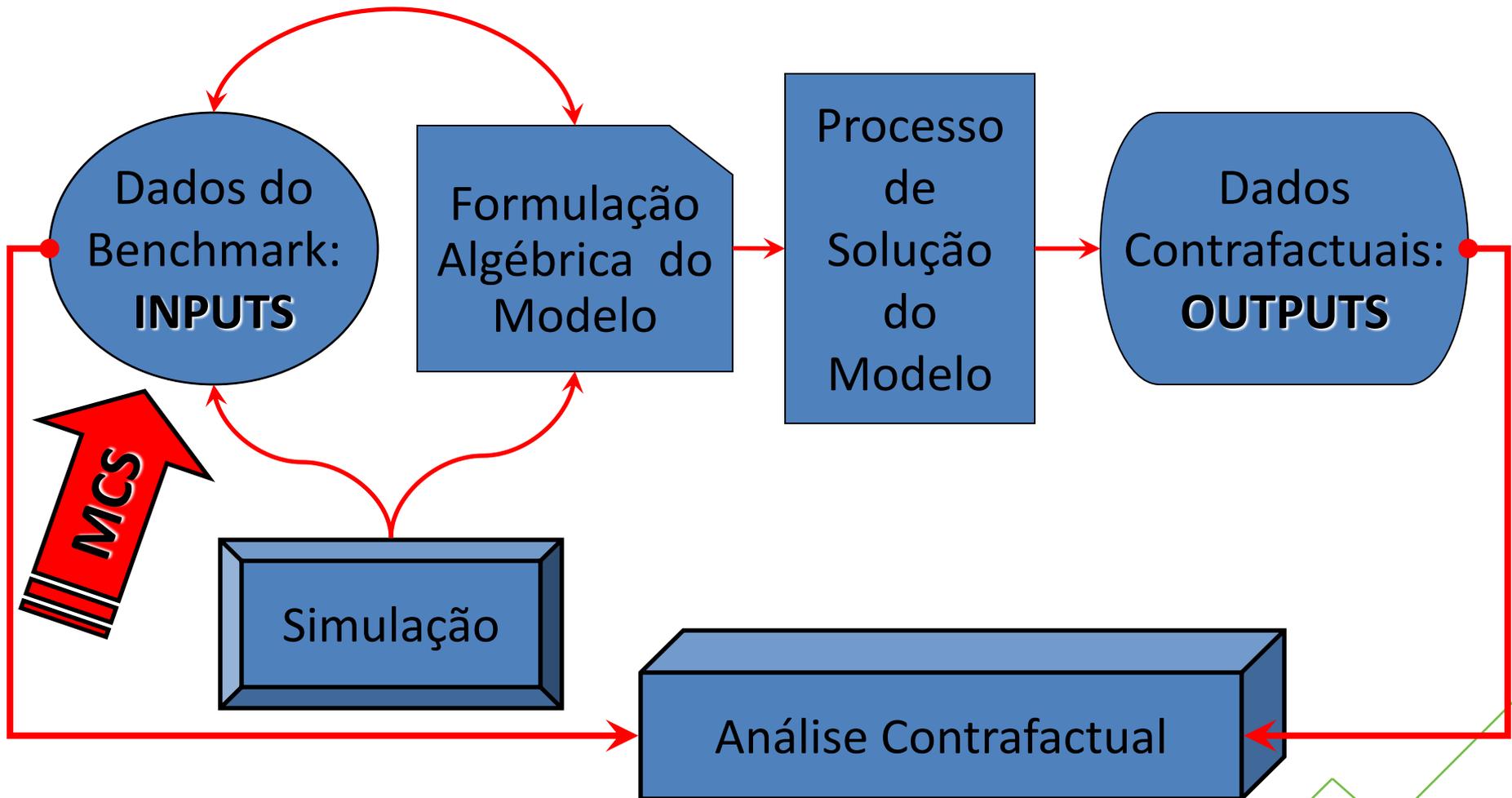
Mesmo assim, o retrato é apenas um "snapshot"



MCS: Banco de dados para modelagem

- Para se analisar o funcionamento da economia e projetar os efeitos de intervenções de políticas econômicas, algo mais é necessário além da imagem estática.
- Um modelo da economia deve ser criado. Este é o segundo objetivo da MCS: proporcionar a base estatística para a criação de um modelo plausível.
- A estrutura da MCS pode ser adaptada dependendo das especificidades causais do modelo e/ou dos requisitos analíticos.
- A MCS satisfaz a condição de equilíbrio inicial necessária para a operacionalização do modelo e possibilita o procedimento de análises contrafactuais.

Um arcabouço sinóptico descritivo e um banco de dados para modelagem



O Locus da MCS na Mecânica Geral dos Modelos EGC



Premissas acerca das variáveis no modelo EGC



Variáveis no modelo EGC

Modelos EGC admitem dois tipos de variáveis:

- Variáveis endógenas
- Variáveis exógenas

As variáveis endógenas são determinadas pelo modelo e as variáveis exógenas são escolhidas de acordo com o problema analisado

Como existem mais variáveis do que equações, um número de variáveis exógenas dado pela diferença entre o número de variáveis endógenas e número de equações deve ser estabelecido

Tais variáveis funcionam como “variáveis de política”

Na implementação do modelo a definição de quais variáveis serão endógenas e quais serão exógenas chama-se **fechamento**



Fechamento do modelo

Cada equação explica uma variável

Há mais variáveis do equações

Variáveis endógenas: explicadas pelo modelo

Variáveis exógenas: escolhidas pelo pesquisador

Fechamento: escolha das variáveis exógenas

Existem muitas possibilidades de fechamentos

Uma forma de construir um fechamento:

(a) Encontre as variáveis que cada equação explica (endógenas)

(b) Outras variáveis não explicadas pelas equações serão exógenas



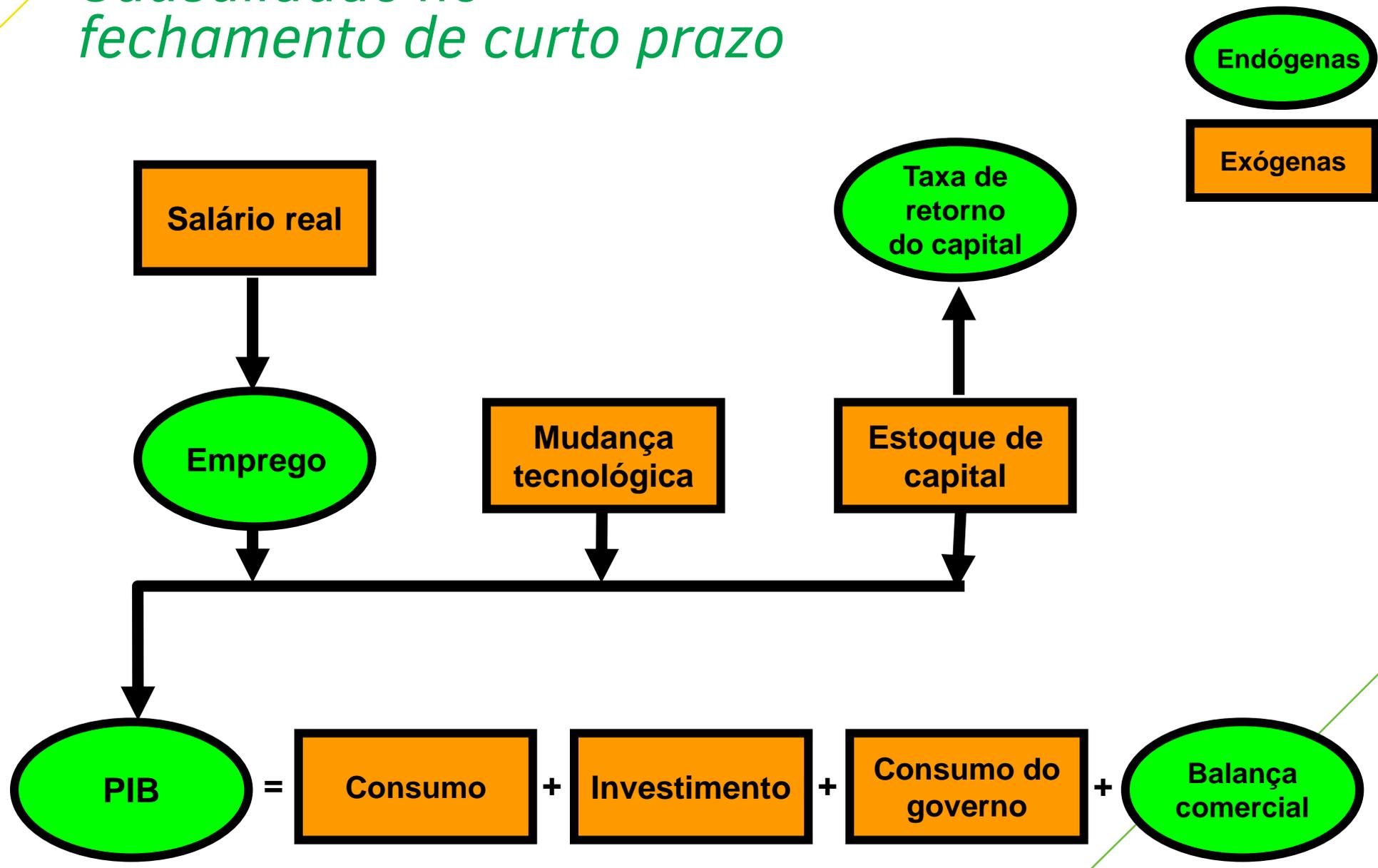
Horizonte temporal do fechamento

São dois os tipos de fechamentos:

- Curto prazo:

- Mudanças nos preços são transmitidas na economia e ocorrem substituições induzidas por essas mudanças
- Não há mudança nas decisões de investimento que afetem fortemente o tamanho do estoque de capital dos setores produtivos (novos equipamentos e plantas necessitam de tempo para serem produzidos e instalados)

Causalidade no fechamento de curto prazo



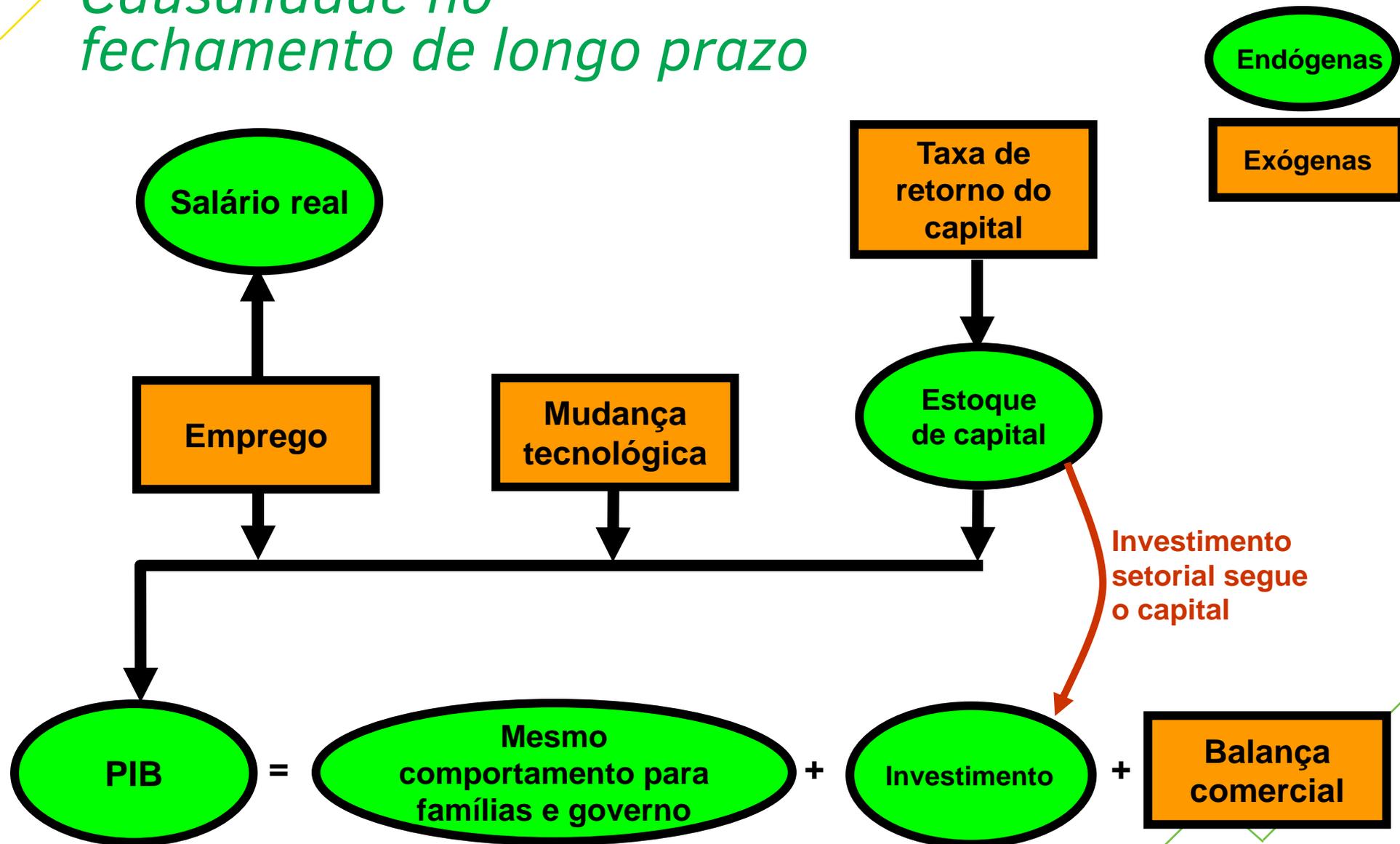


Horizonte temporal do fechamento

- Longo prazo:

- Estoque de capital ajusta de forma a manter fixa a taxa de retorno
- Emprego agregado é fixo e o salário real é livre para ajustar
 - Trabalhadores podem migrar entre setores e regiões de acordo com o diferencial de salários

Causalidade no fechamento de longo prazo



Diferentes fechamentos

Muitos fechamentos podem ser utilizados para diferentes objetivos

Não existe um único fechamento ou fechamento correto

Deve haver no mínimo uma variável exógena medida em unidades monetárias doméstica

Normalmente apenas uma é utilizada chamada de numerário

- Normalmente é a taxa de câmbio
- Serve para garantir a propriedade do equilíbrio walrasiano e preços relativos



*Estratégia de elaboração de cenários
econômicos de longo prazo: interação
macroeconômica e setorial*

Apresenta as hipóteses e os resultados dos cenários econômicos



Escopo

- A construção de cenários macroeconômicos e multissetoriais exprime, em termos quantitativos, uma perspectiva articulada entre as tendências da economia e uma visão de futuro.
- Objetivo: delinear o **Cenário Tendencial para a economia brasileira e seus setores** tendo como produto final a geração de projeções de variáveis econômicas, baseadas em hipóteses sobre
 - o comportamento de agregados macroeconômicos (DSGE)
 - mudanças tecnológicas e de preferências
 - projeções demográficas
 - alterações no cenário internacional.
- O Cenário Tendencial caracteriza uma situação provável para a economia brasileira no futuro, dadas as restrições sob as quais opera e as suposições feitas sobre alguns de seus aspectos estruturais fundamentais
 - Deve ser entendido como uma situação para a qual caminhará a economia do País, na hipótese de que os fatores e políticas presentes nesse passado recente continuem a exercer alguma influência no período de projeção.



Escopo

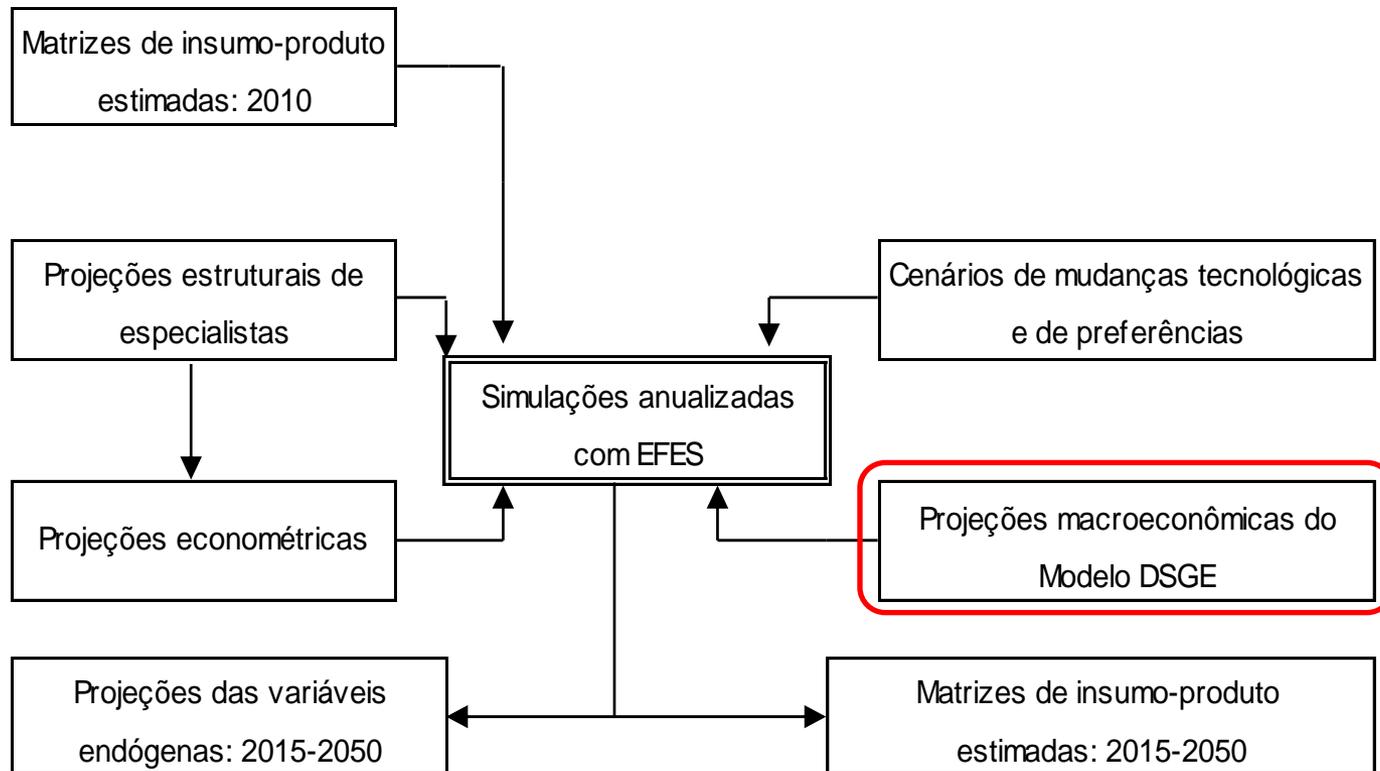
Dentro da estratégia de implementação do modelo, podemos definir, esquematicamente, os vários estágios de simulação para a obtenção das projeções dos cenários econômicos consistentes, considerando a integração dos vários módulos (Figura 1). A utilização do modelo EFES em simulações de projeção possibilita a produção de resultados estruturais e macroeconômicos sobre a evolução da economia brasileira no período de estudo (2010-2050).

O modelo DSGE fornece ao EFES o cenário macroeconômico de referência. Ao mesmo tempo, adicionamos as simulações do modelo EFES um conjunto de mudanças tecnológicas e de preferencias.

Além destas, utilizou-se estudos sobre perspectivas de mercados externos e de crescimento do resto do mundo, nos blocos de “Projeções Estruturais” e “Projeções Econométricas”. A figura também indica que o modelo parte da matriz de insumo-produto de 2010.



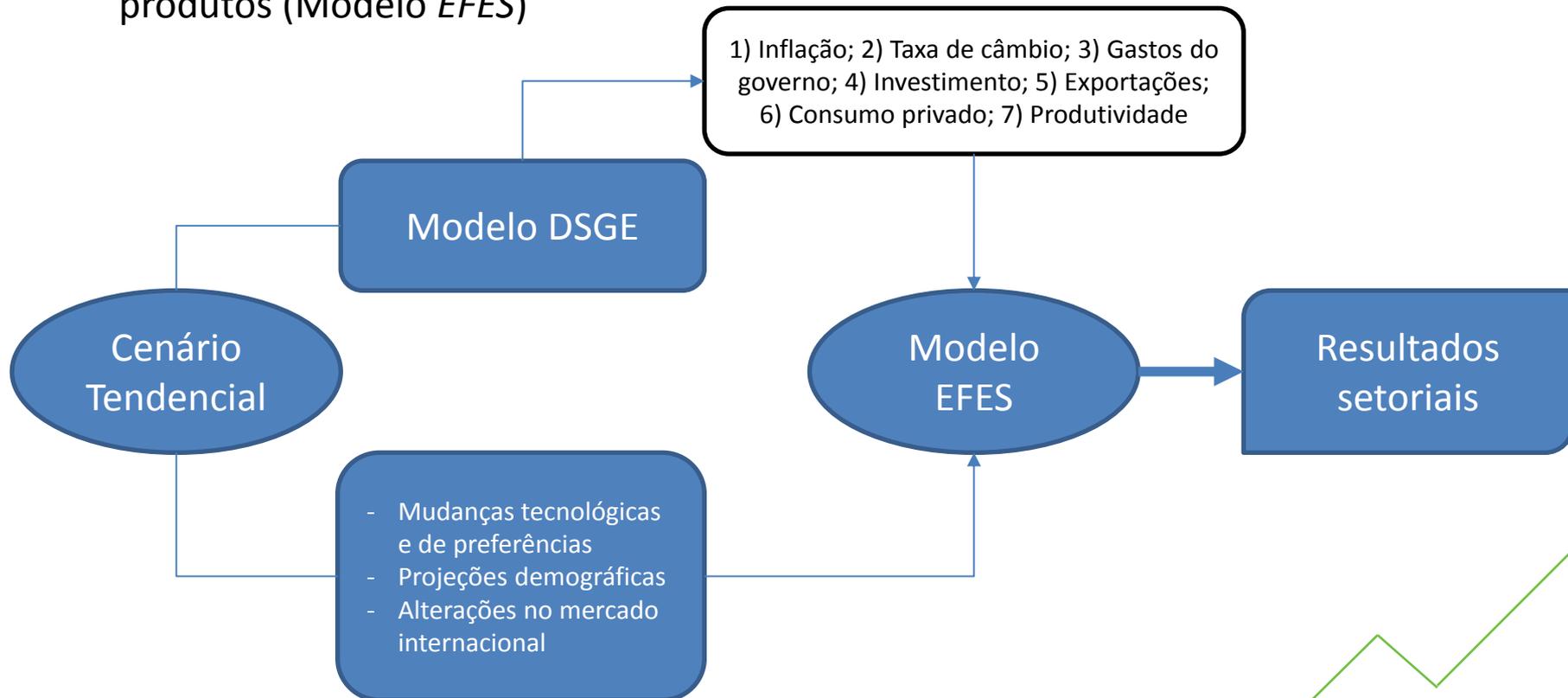
Figura 1. Estratégia para Geração de Cenários Econômicos (integração dos módulos ou modelos)





Escopo

- Cenário de referência: 2010-2050
- São apresentadas projeções para 56 setores da economia brasileira e 110 produtos (Modelo *EFES*)





*Exemplo de cenário
macroeconômico: condições de
contorno*



Componentes modelagem DSGE

2.2. DECOMPOSIÇÃO DO CRESCIMENTO BRASILEIRO E O
CONCEITO DE PRODUTIVIDADE

2.3. JURO NEUTRO

2.4. REBALANCEAMENTO MUNDIAL E CHINA NA PRÓXIMA
DÉCADA

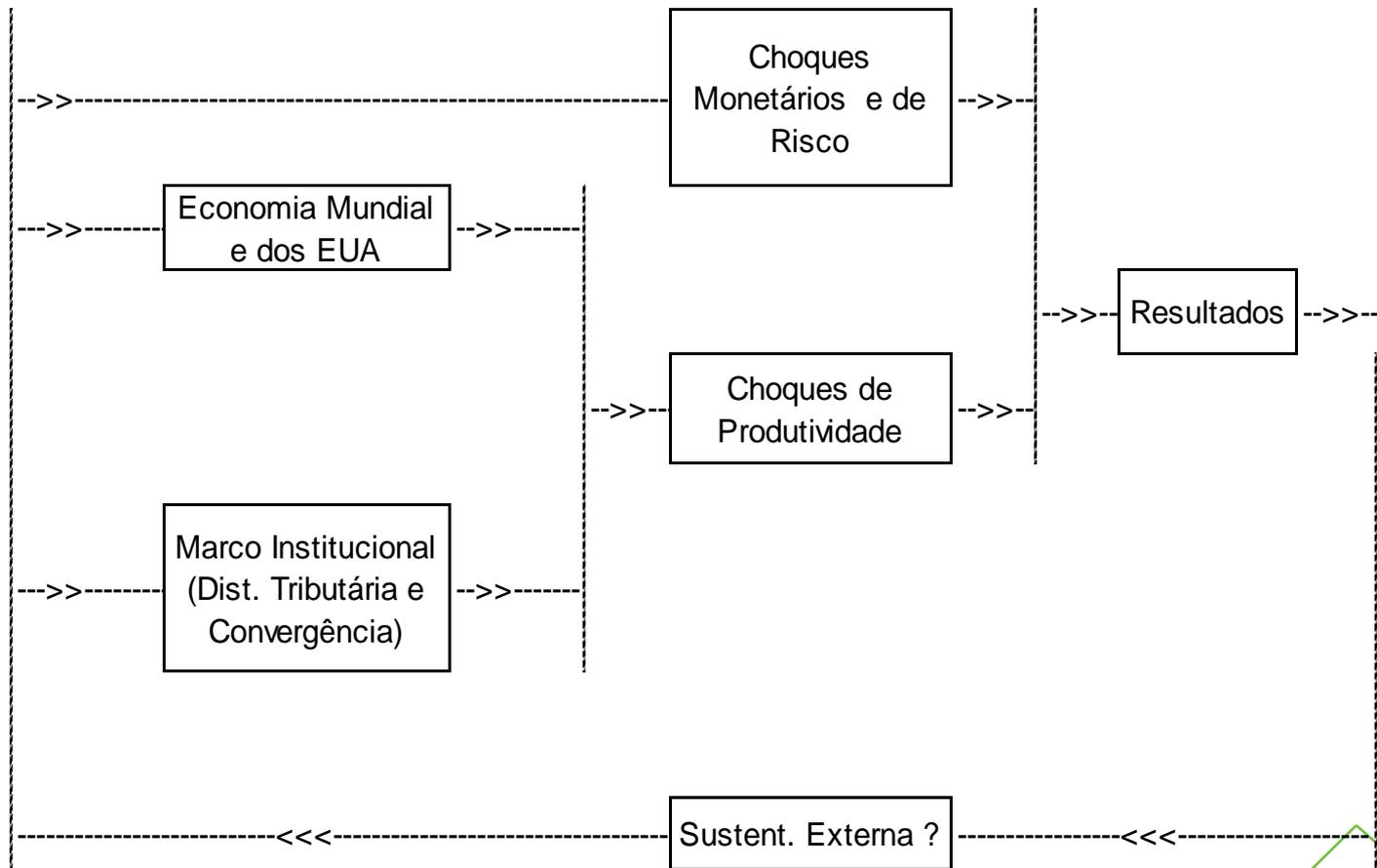
2.5. HIPÓTESES PARA CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO BÁSICO 2.5.1.
Economia dos EUA

2.5.2. Choques Monetários e de Risco

2.5.3. Choque de Produtividade



Figura 2. Modelo DSGE: Fluxograma para Construção de Cenários Macroeconômicos





Determinantes da produtividade

- Capital humano, o qual é medido através do nível educacional médio;
- Aspectos institucionais que afetam a alocação de recursos da economia, e qualidade das práticas econômicas. Para mensurar a qualidade destes aspectos institucionais, utiliza-se um coeficiente de convergência condicional
 - o papel deste coeficiente nos modelos de desenvolvimento é exatamente o de capturar a parte que ainda não é explicável pela teoria. Este resíduo, obtido pela diferença entre o que é observado nos dados e o que é medido através da teoria, revela o nosso grau de desconhecimento sobre o desenvolvimento econômico
- Incentivos e obstáculos (tributários e de logística) ao acúmulo de capital produtivo – os quais são determinados pela carga tributária e investimento público
 - A carga tributária reduz a lucratividade de projetos produtivos, e assim da acumulação de capital. Os investimentos públicos têm efeito oposto: melhorias na infraestrutura facilitam as outras atividades econômicas, e assim criam incentivos para uma maior acumulação de capital produtivo.

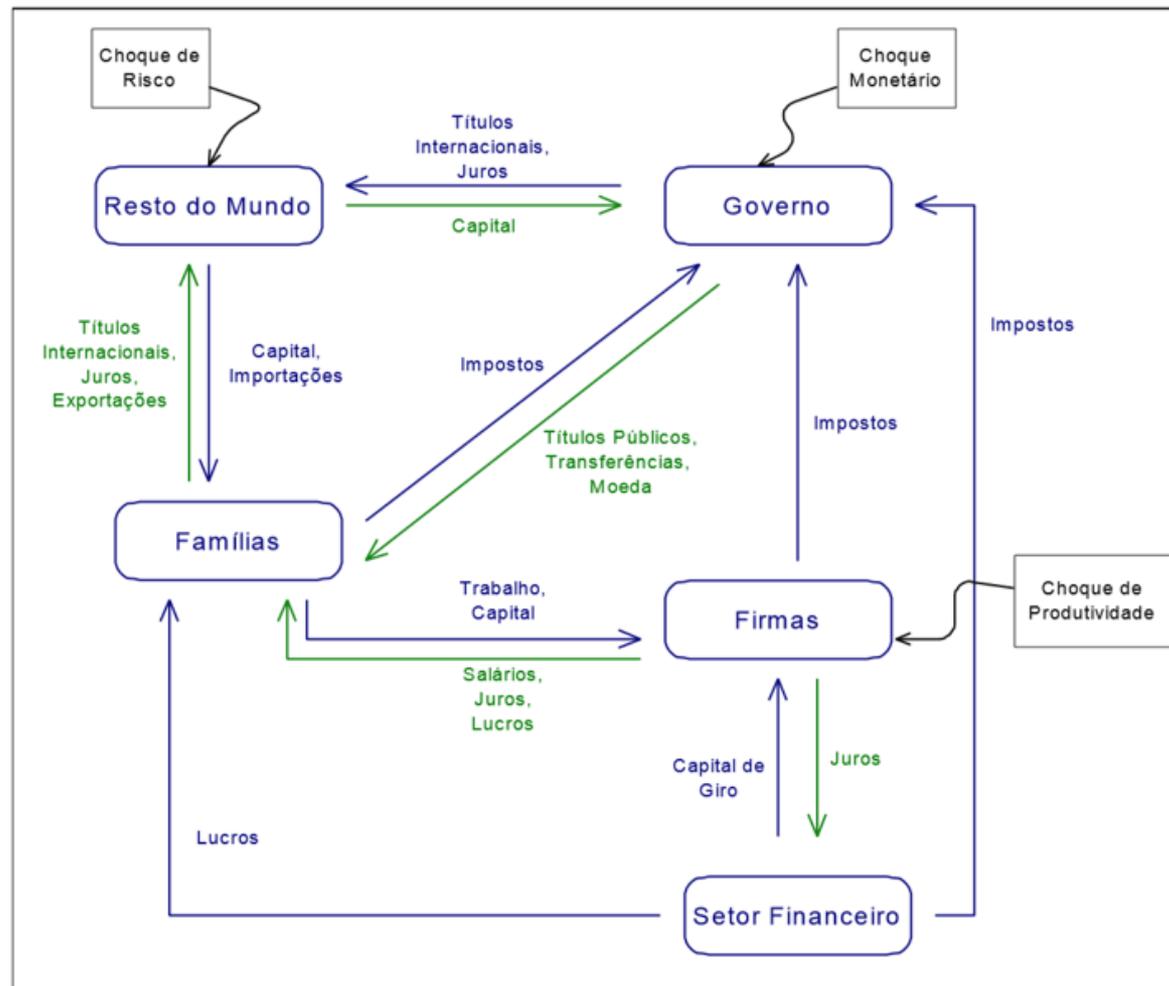


Construção de Cenários Macroeconômicos

- Ligação entre as diferentes conjecturas e resultados, durante processo iterativo de construção de um cenário macroeconômico.
- Em uma etapa final, examina-se a plausibilidade do endividamento externo implícito nos resultados obtidos.
- A chamada “vulnerabilidade externa” tem sido um dos empecilhos mais importantes ao crescimento econômico brasileiro, o que é capturado pela modelagem DSGE por meio de projeções para o saldo do balanço de pagamentos em transações correntes e para a evolução do passivo externo líquido.
- Caso o endividamento externo seja considerado exagerado, apontando para uma “inconsistência das hipóteses”, estas são revistas e o cenário modificado.
- Através de iterações repetidas desse procedimento, obtém-se um conjunto de hipóteses consistentes, associadas a uma projeção adequada para o cenário macroeconômico.



Figura A1. Estrutura do modelo de equilíbrio geral dinâmico e estocástico



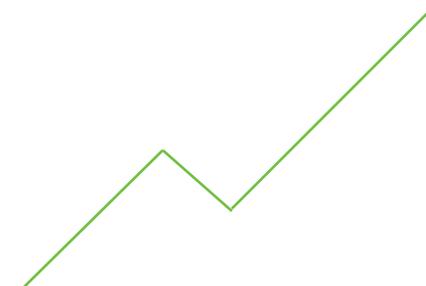


Hipóteses do cenário – alimentam modelo DSGE (Exemplo)

- Evolução do nível educacional médio ocorre de forma bastante suave, sem apresentar maiores flutuações
 - Convergência condicional: captura das melhores práticas produtivas mundiais
 - Superávit primário de 2% do PIB
- Divida pública se estabiliza e tem perfil adequado de sustentabilidade
- Carga tributária se estabiliza em 40% PIB

Considerando as premissas, o modelo obtém os seguintes resultados (síntese)...

EXEMPLO:

- PIB cresce 2.8% a.a de 2014 a 2050 (média dos últimos 30 anos é 2,7%)
 - Investimento atinge 20% PIB em 2050
 - Consumo das famílias cresce próximo ao PIB, mantendo 61% do PIB no cenário
 - Consumo do governo estável em 22% PIB
 - Inflação em torno da média de 5,5% a.a.
 - Juros reais estáveis a uma taxa média de 5,3%
- 



Cenário setorial



CENÁRIO SETORIAL

Hipóteses adicionais ao cenário macroeconômico:

3.1. PROJEÇÕES DEMOGRÁFICAS

3.2. PROJEÇÃO DA ESCOLARIDADE E DA PRODUTIVIDADE DOS TRABALHADORES ATÉ 2050 – MICRO-SIMULAÇÕES –
Censo, PNAD e projeções demográficas

3.3. PRODUTIVIDADE DOS SETORES PRIMÁRIO, SECUNDÁRIO E TERCIÁRIO

Estimaram-se níveis e taxas de crescimento da Produtividade Total dos Fatores (PTF) para os referidos setores, compatibilizadas com as taxas nacionais do cenário macroeconômico

3.4. PRODUTIVIDADE DOS SETORES DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

Evolução recente da produtividade industrial no Brasil, com detalhamento por setor. Com base na evolução recente, foram preparados cenários para o período 2011-2050.

3.5. PRÉ-SAL

Desenho das premissas sobre a oferta física de petróleo e gás natural

3.6. COMÉRCIO EXTERIOR

Hipóteses sobre deslocamentos tendenciais das curvas de demanda por bens exportados pelo Brasil baseadas em projeções econométricas de modelos baseados em dados históricos por grupo de produtos

3.7. MOBILIDADE SOCIAL E ESTRUTURA DE CONSUMO

Hipóteses sobre mobilidade social que rebatem sobre a estrutura do consumo das famílias, modelo de microssimulações

3.8. CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA

Projeções das matrizes de insumo-produto dos EUA (economia líder) até 2020 (fonte BEA) para definirmos trajetórias de mudanças técnicas no período de projeção





Resultados típicos:

- *Projeções de PIB setorial*
- *Participação no valor da produção*
- *Modificação da participação setorial no valor da produção*
- *Setores mais e menos dinâmicos (variação % média no PIB)*
- ...



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Estratégia de incorporação das projeções econômicas aos cenários setoriais

Pedro R. R. Rochedo



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Caracterização de Modelos



Tipologias de Modelos

/// Como caracterizar modelos?

/// ~~Estocástico ou Determinístico?~~

/// ~~Linear ou não linear?~~

/// ~~Estático ou Dinâmico?~~

Não foram discutidos

/// ~~Otimização ou Simulação?~~

/// Oferta ou Demanda?

/// Bottom-up ou Top-down?

/// ~~Eq. Parcial ou Eq. Geral?~~

Não serão lembrados



Tipologias de Modelos

- /// Como decidir qual modelo utilizar?
 - /// Objetivo da análise
 - /// Escopo de avaliações
 - /// Nível de complexidade e detalhamento
 - /// Nível de esforço computacional
 - /// Custo
 - /// Etc



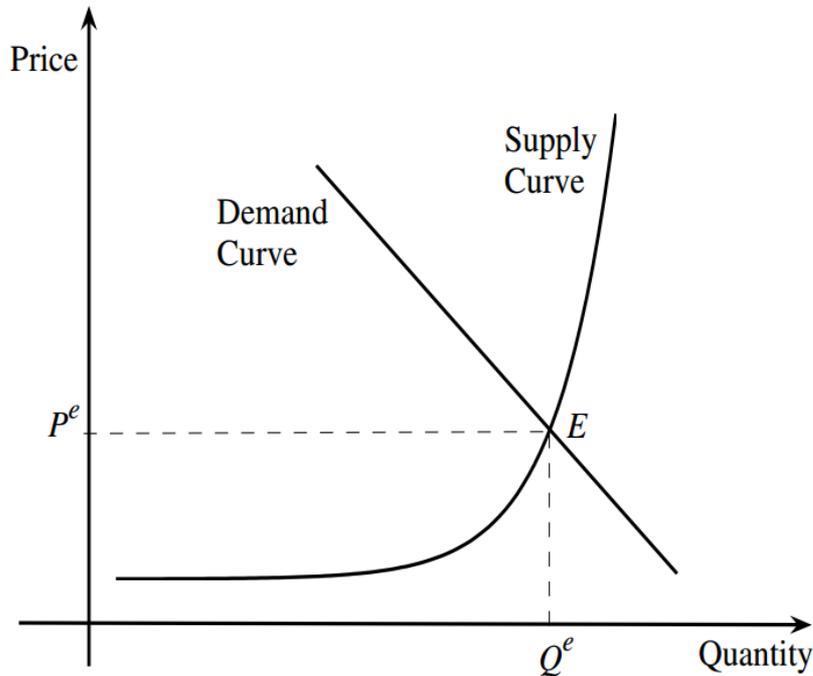
Modelos: Oferta x Demanda

- /// Demanda: projetam a demanda de serviço energético e/ou energia
 - /// Utilizam drivers (PIB, População, HHE, Demografia, Idade, etc)
 - /// Oferta é exógena
 - /// Ex: Econométricos, Paramétricos, Mistos
- /// Oferta: projetam o atendimento de um conjunto de demandas
 - /// Competição
 - /// Demanda é exógena
 - /// Ex: Otimização, Simulação



Modelos: Oferta x Demanda

/// Curva típica de oferta e demanda





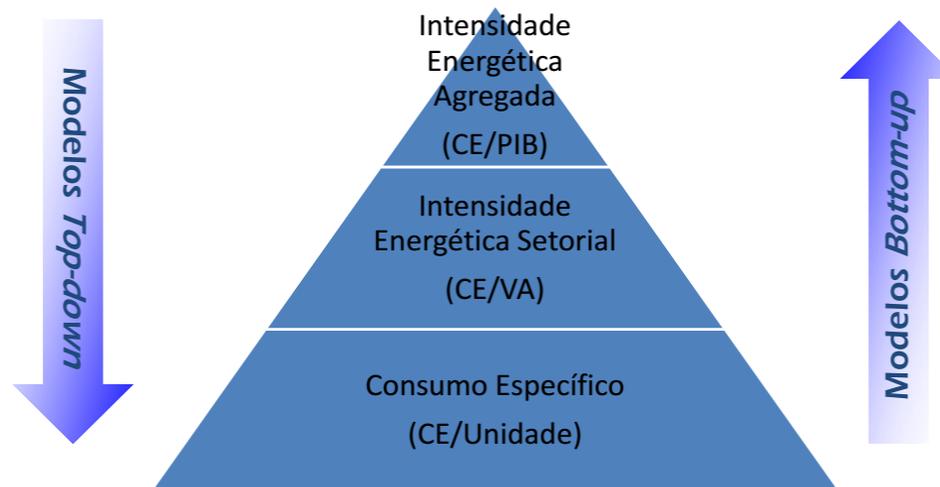
Modelos: Bottom-up e Top-Down

/// Bottom-up: maior desagregação

/// Exemplos típicos: Eq. Parcial (Otim e Sim)

/// Top-Down: menor desagregação

/// Exemplos típicos: Eq. Geral, Econométricos





Modelos: Bottom-up e Top-Down

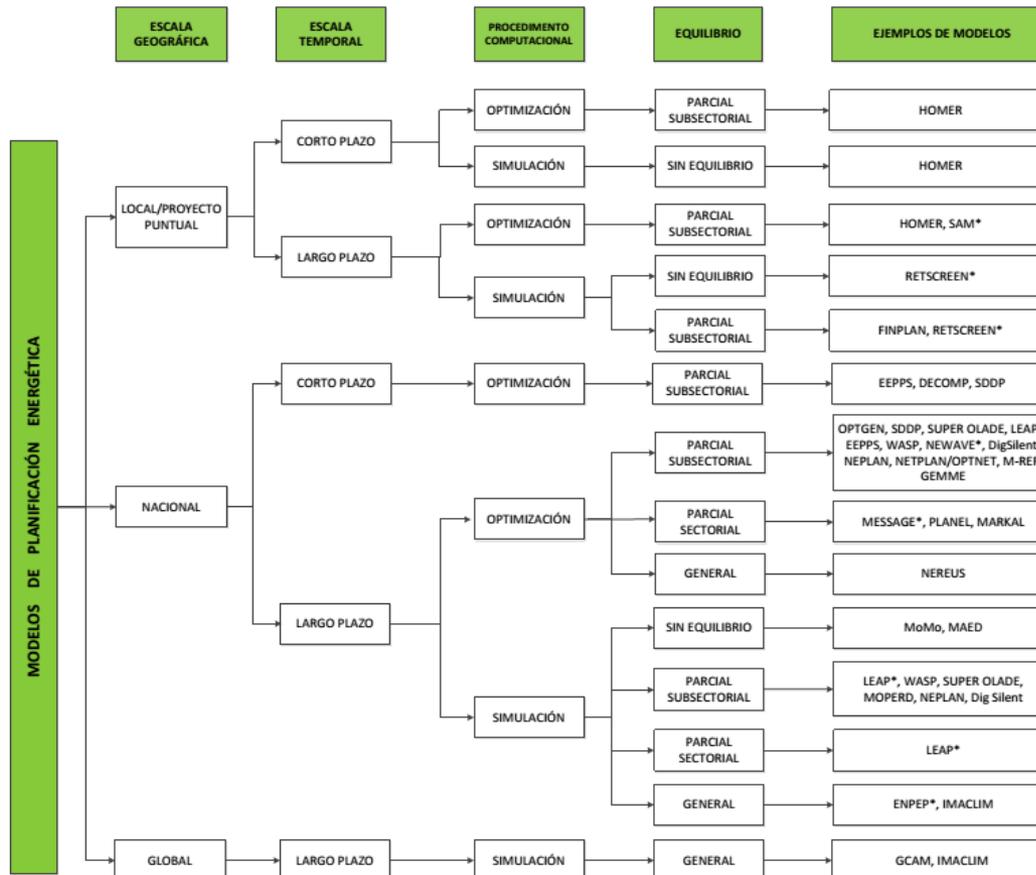
/// Comparativo

Puramente <i>Top-down</i> (TD)	Puramente <i>Bottom-up</i> (BU)
Utiliza dados agregados (consistência macro)	Utiliza dados detalhados de tecnologias (não busca consistência macro)
Avaliação do planejamento através dos seus impactos na produção, na renda, no PIB	Avaliação do planejamento a partir dos seus impactos no desenvolvimento e aplicação de tecnologias (eficiência produtiva)
Assume que os mercados são eficientes (eficiência alocativa)	Não parte da hipótese de eficiência do mercado
Permite a avaliação dos efeitos intersetoriais	Não permite avaliação de efeitos intersetoriais
Progresso técnico agregado	Progresso técnico tende a ser superestimado: existência de "hidden costs" para inovações tecnológicas (custos de transação, barreiras de mercado, "otimismo da bancada", "trancamentos").
Tecnologias analisadas por parâmetros de equações	Technologia explicitamente tratada no modelo
Adequado para avaliação de políticas fiscais, monetárias	Adequado para avaliação de políticas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)
Não permite avaliação detalhada dos impactos ambientais	Adequado para avaliação de políticas ambientais setoriais



Modelos Energéticos

/// Árvore de Decisão (Schaeffer et al, 2014):



Nota:

* : El camino seguido para llegar a la selección de estos modelos será detallado a continuación:



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Modelos Setoriais



Modelos Setoriais

/// Objetivo Principal

/// Representar o comportamento dos agentes

/// Criar cenários setoriais

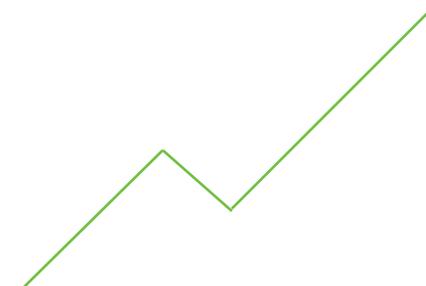
/// Resultados esperados

/// Demanda de serviços energéticos e insumos

/// Demanda de insumos energéticos

/// Energia Final

/// Perfil tecnológico





Modelos Setoriais – Procedimento

- /// 1 - Descrição e caracterização do setor
 - /// Principais agentes
 - /// Perfil de produção e dados socioeconômicos
 - /// Perfil de consumo energético
 - /// Balanço Energético
 - /// Perfil de emissões de GEE
 - /// Inventários
 - /// Caracterização tecnológica
 - /// Consumo específico, tecnologias empregadas, BAT



Modelos Setoriais – Procedimento

- /// 2 – Iniciar estrutura do modelo
 - /// Banco de dados e ferramentas
 - /// Informações da 1ª etapa
 - /// Ferramental matemático desejado
 - /// Representar período histórico
 - /// Minimamente é recomendável ajustar o ano base
 - /// Ajustar coeficientes, eficiências, shares e premissas
 - /// Idealmente compatibilizar dados de energia e emissões



Modelos Setoriais – Procedimento

- /// 3 – Usar modelo para construir cenário setorial
 - /// Identificar variáveis chaves para a evolução do setor
 - /// Produção física, PIB, valor adicionado, população, etc
 - /// Relacionar com a estrutura do modelo
 - /// Consumo específico, intensidade energética
 - /// Determinar conjunto de premissas
 - /// Evolução tecnológica, perfil de consumo/produção



Modelos Setoriais – Procedimento

- /// A escolha das variáveis chave depende do setor e do analista
- /// Tipicamente, são utilizados:
 - /// Indústria/Agropecuário: cenários de PIB ou produção física
 - /// Serviços: cenários de PIB
 - /// Residencial/Resíduos: crescimento da população
 - /// Transportes:
 - /// Passageiros: população
 - /// Carga: cenário de PIB ou produção física



Modelos Setoriais – Procedimento

- /// A escolha das variáveis chave depende do setor e do analista
- /// Também podem ser utilizados:
 - /// Indústria: coef. de produtividade, cenários de preços e mercado internacional
 - /// Serviços: área ocupada, pessoal empregado
 - /// Residencial/Resíduos: faixas de renda, gasto das famílias, perfil de consumo/alimentação
 - /// Transportes: gasto das famílias, perfil de consumo, PIB setor, time-budget

Obs: Regionalizações diferenciadas podem ser empregadas em todos acima.



Exemplo - Industrial



Ex. Industrial – Cimento no Marrocos

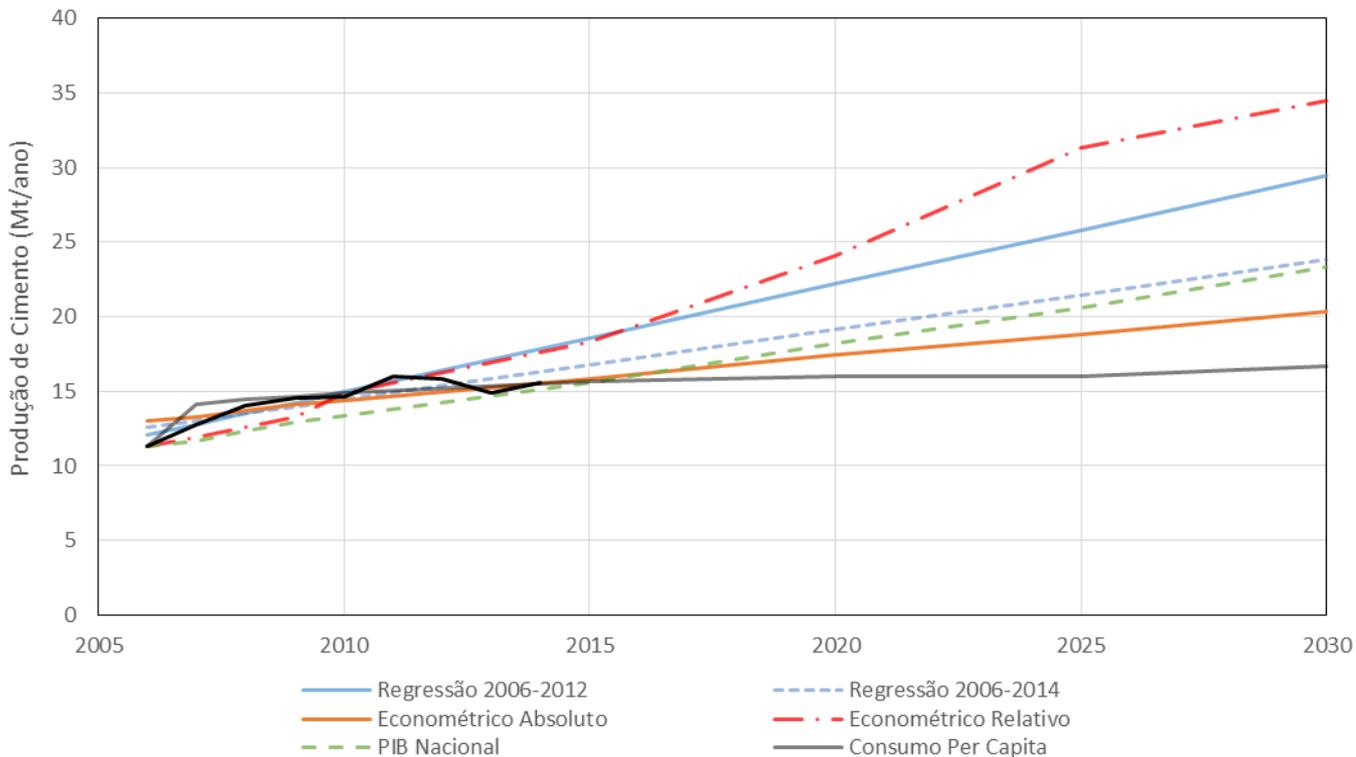
/// Informações básicas

- /// População: 33,9 Mhab (2014)
- /// PIB: 87,1 Bilhões US\$2005 (2014)
- /// Urbanização: 59,7% (2014)
- /// Capacidade: 22,8 Mt/ano (13 plantas)
 - /// Maior planta: Lafarge 4,5 Mt/ano (integrada)
- /// Produção: dados de 2006 a 2014 disponíveis
- /// Consumo cimento per capita: 314 kg/hab



Ex. Industrial – Cimento no Marrocos

/// Informações básicas





Ex. Industrial – Cimento no Marrocos

/// Informações básicas - Consumo energético

/// Teórico (GJ/t): 6,0 (úmido) / 4,5 (seca) / 3,7 (seca multi-estágio)

/// Média global: 5,16 GJ/t

/// Eletricidade (0,4)

/// Marrocos: compatível com rota seca

	Pet. Coke	Eletric.	Cimento	Clinker	Calor	Eletric.	Total
	PJ		Mt/ano		GJ/t		
2008	31.9	9.3	14.0	9.1	3.49	1.02	4.51
2009	33.7	9.6	14.5	9.4	3.57	1.02	4.59
2010	33.5	9.6	14.6	9.5	3.53	1.02	4.55
2011	42.5	11.0	16.0	10.4	4.09	1.06	5.14
2012	42.9	13.5	15.8	10.3	4.17	1.32	5.49

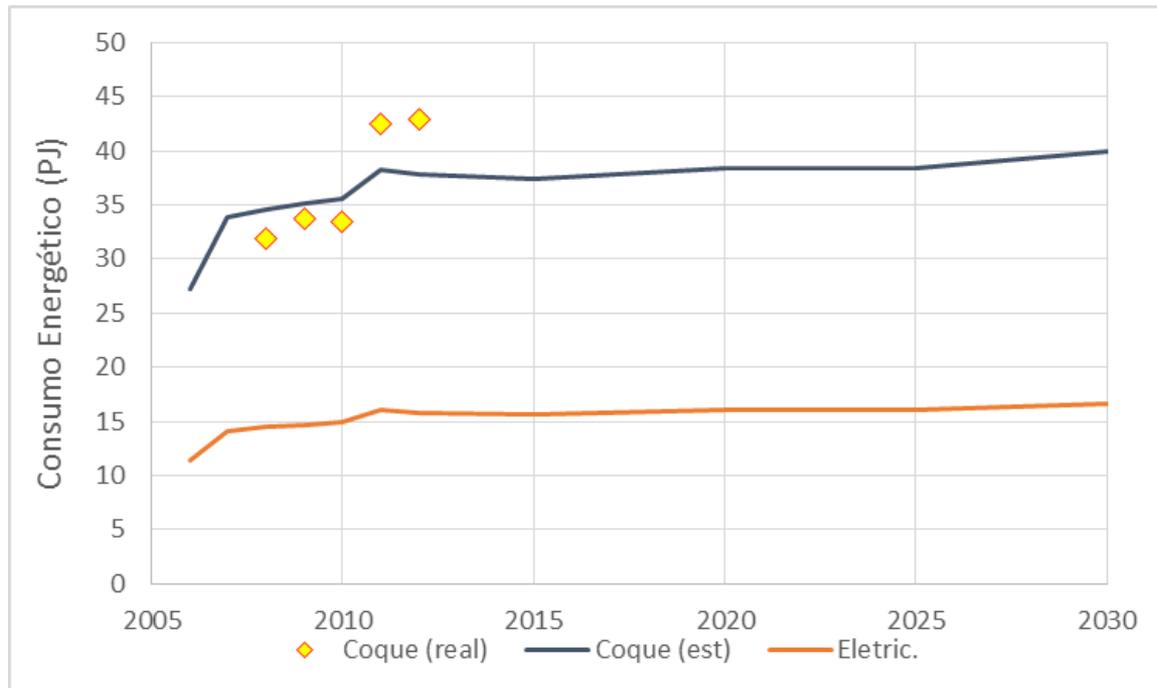
Fonte: OCDE, 2011 e OCDE, 2014



Ex. Industrial – Cimento no Marrocos

/// Estimativa

- /// Usando projeção de cimento F (consumo *per capita*)





Ex. Industrial – Cimento no Marrocos

/// Considerações

/// Manter o coque como única fonte de energia faz sentido?

	Alemanha	África do Sul	Brasil	Canada	Coréia do Sul	EUA	Marrocos
Carvão	24.8%	63.5%	2.5%	46.1%	52.0%	30.0%	0.0%
Óleo Combustível	2.3%	0.0%	3.0%	0.0%	5.7%	0.3%	0.0%
Gás Natural	39.7%	25.0%	0.0%	3.8%	11.6%	44.4%	0.0%
Coque	3.2%	0.0%	69.5%	29.0%	1.9%	7.8%	77.9%
Biomassa	1.7%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Resíduos	12.5%	0.0%	9.4%	9.0%	12.0%	2.4%	0.0%
Eletricidade	15.9%	11.5%	13.2%	12.0%	16.9%	15.0%	22.1%

/// Combustíveis sólidos podem substituir facilmente (Carvão)

/// Gás Natural pode entrar no longo prazo?



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Exemplo - Transporte



Ex. Transporte

- /// Desagregação regional e modal
- /// Existem diversas formas de modelar o setor de transporte
 - /// Time Budget
 - /// Pkm e Tkm
 - /// Frota
- /// Fortemente dependente da infraestrutura existente
- /// Perfil de consumo afeta radicalmente decisões dos agentes



Ex. Transporte

		Carro 1	Carro 2	Carro 3	Carro4	Carro5
Valor	R\$	49,000	185,000	56,000	42,000	145,600
Consumo	km/l	13.1	5.3	14.4	10.6	16.9
Classif	Categ.	C	C	A	A	A
Classif	Geral	B	D	A	B	A



Ex. Transporte

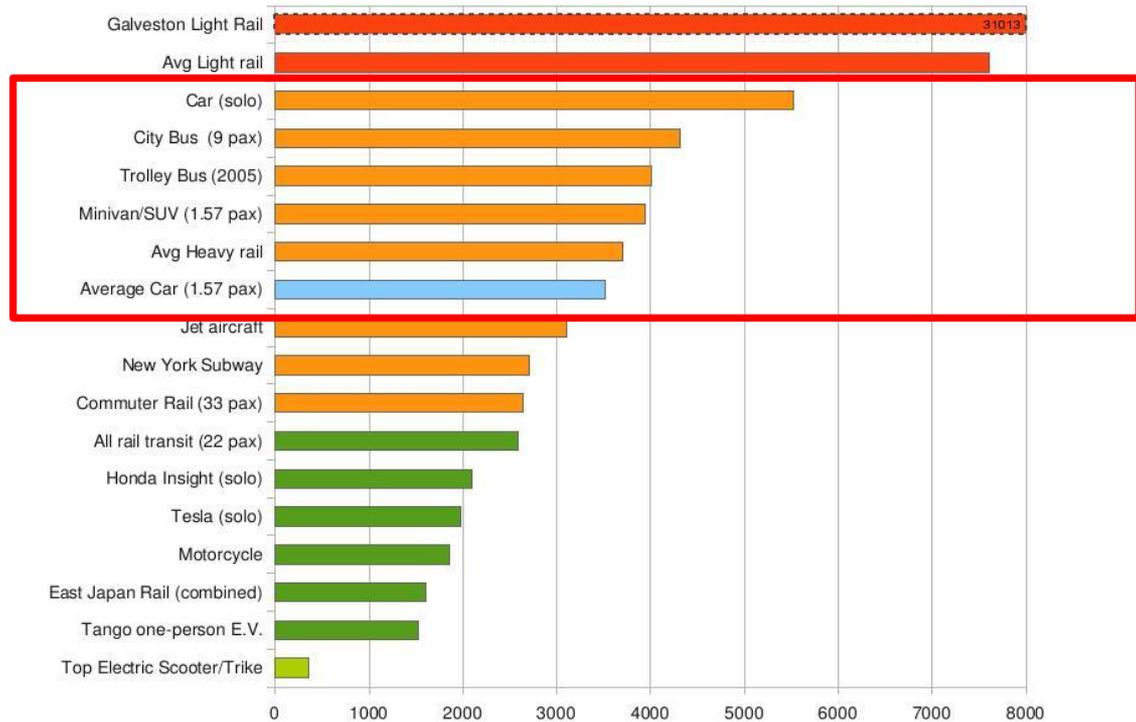
		Carro 1	Carro 2	Carro 3	Carro4	Carro5
Valor	R\$	49,000	185,000	56,000	42,000	145,600
Consumo	km/l	13.1	5.3	14.4	10.6	16.9
Classif	Categ.	C	C	A	A	A
Classif	Geral	B	D	A	B	A
Combustível		Flex	Diesel	Gasolina	Flex	Flex
Motor		1.0	3.0	1.0	1.4	2.5
Cilindrada	cm ³	998	2959	999	1368	2488
Transmissão		AUTOM	AUTOM	AUTOM	MECAN	AUTOM
Ocupantes		5	7	2	2	5
Vol. Mala	litro	292	350	220	n/d	514
Peso	kg	1370	2825	750	1084	1572
Rádio		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Ar Condicionado		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Direção Hidráulica		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Air-bag		Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Trava Elétrica		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Porta-copos		2	4	2	n/d	2
Cores		6	3	5	10	7
Mais Vendidos 2014		Não	Não	Não	Sim	Não



Ex. Transporte

USA Transportation Energy Use

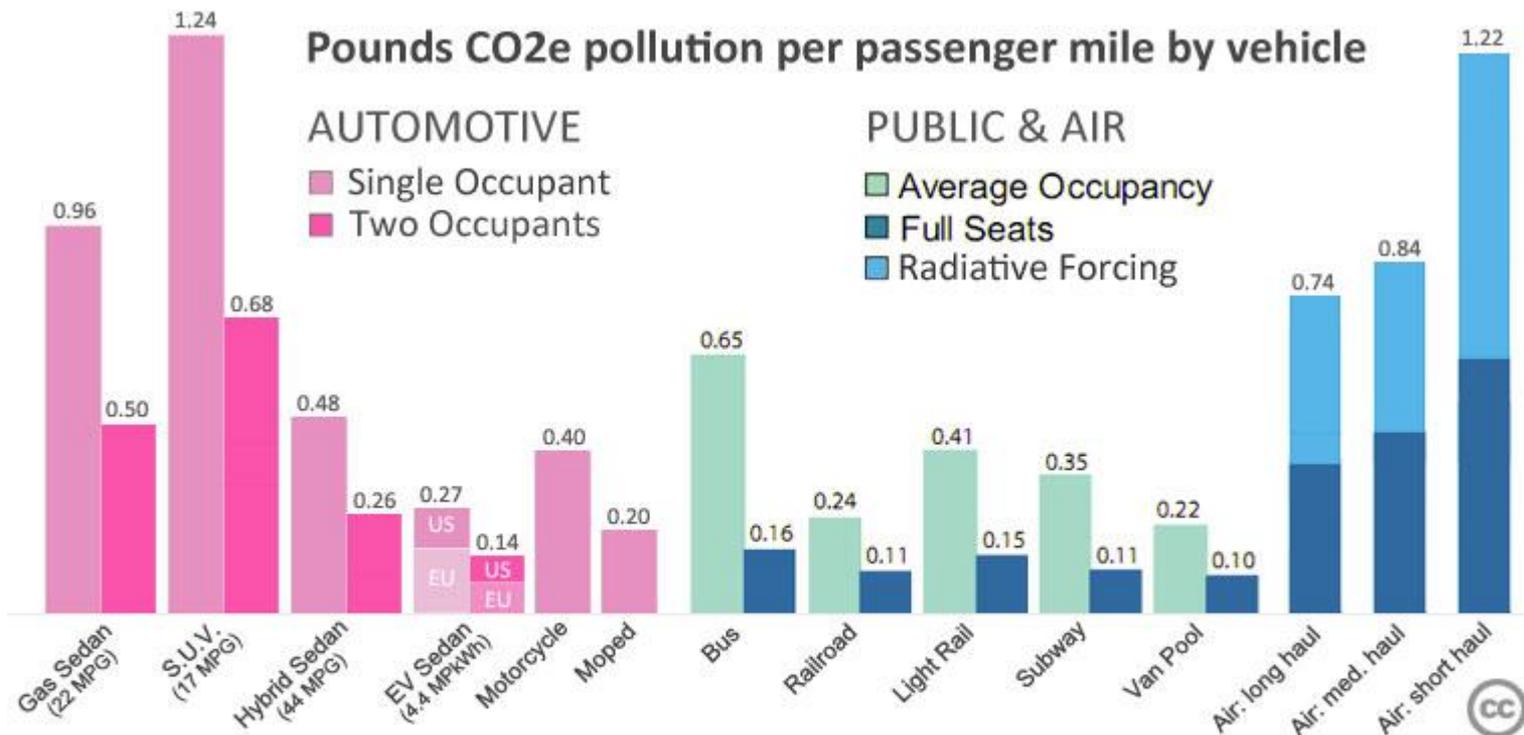
BTUs per passenger-mile



Convençãois



Ex. Transporte



Creative Commons: TckTckTck, 2011

Main graphic based on U.S. Dept. of Transportation: *Public Transportation's Role in Responding to Climate Change*, 2009. Motorcycle and Moped data from TravelMatters.org, 2009. Air travel data from CarbonFund.org, 2008; radiative forcing with 1.9x factor per European Commission TRADEOFF, 2007. Electric Vehicle (EV) data based on 2012 Coda all-electric vehicle (150 miles per 34 kWh charge) using U.S. (1.2 lbs. per kWh) & EU (0.7 lbs. per kWh) national average CO₂e electricity emissions per IEA, 2007-2009.



Exemplo - Residencial



Ex. Residencial - Televisão

- /// Como estimar a demanda de eletricidade para televisores domésticos?
- /// Dados iniciais:
 - /// PROCEL: Brasil possui em média 1,41 televisores por residência (posse)
 - /// Média dos EUA: 2,52
 - /// TV são responsáveis por cerca de 13% do consumo elétrico residencial
 - /// Média: 160-220 MWh por ano, por residência



Ex. Residencial - Televisão

- /// Como estimar a demanda de eletricidade para televisores domésticos?
 - /// 1 - Fazer cenários de posse de televisão
- /// Dados de entrada: dados macroeconômicos
 - /// População, habitação, renda das famílias, urbanização
- /// Proposição: posse nacional igual a norte-americana em 2050

2010: 1,41

2050: 2,52

- /// Como é a trajetória?





Ex. Residencial - Televisão

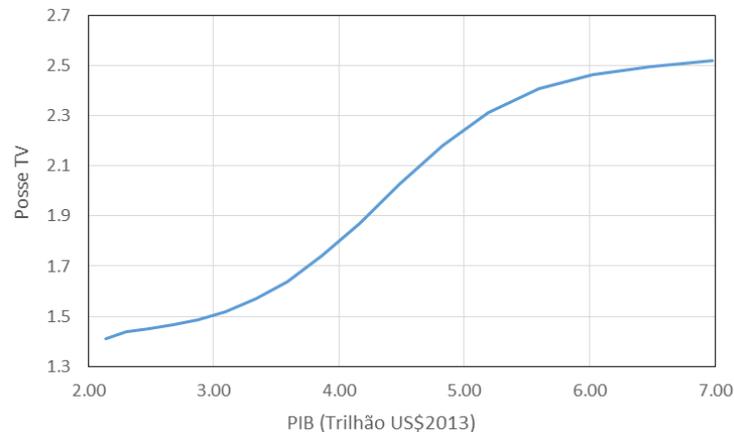
/// Exemplos de evolução da posse:

/// Método direto: variação linear/exponencial

/// Exemplo: crescimento da posse em 1,46% ao ano

/// Método indireto: relacionar com uma ou mais variáveis macroeconômicas

/// Posse cresce com PIB de acordo com teoria de penetração tecnológica (logística)

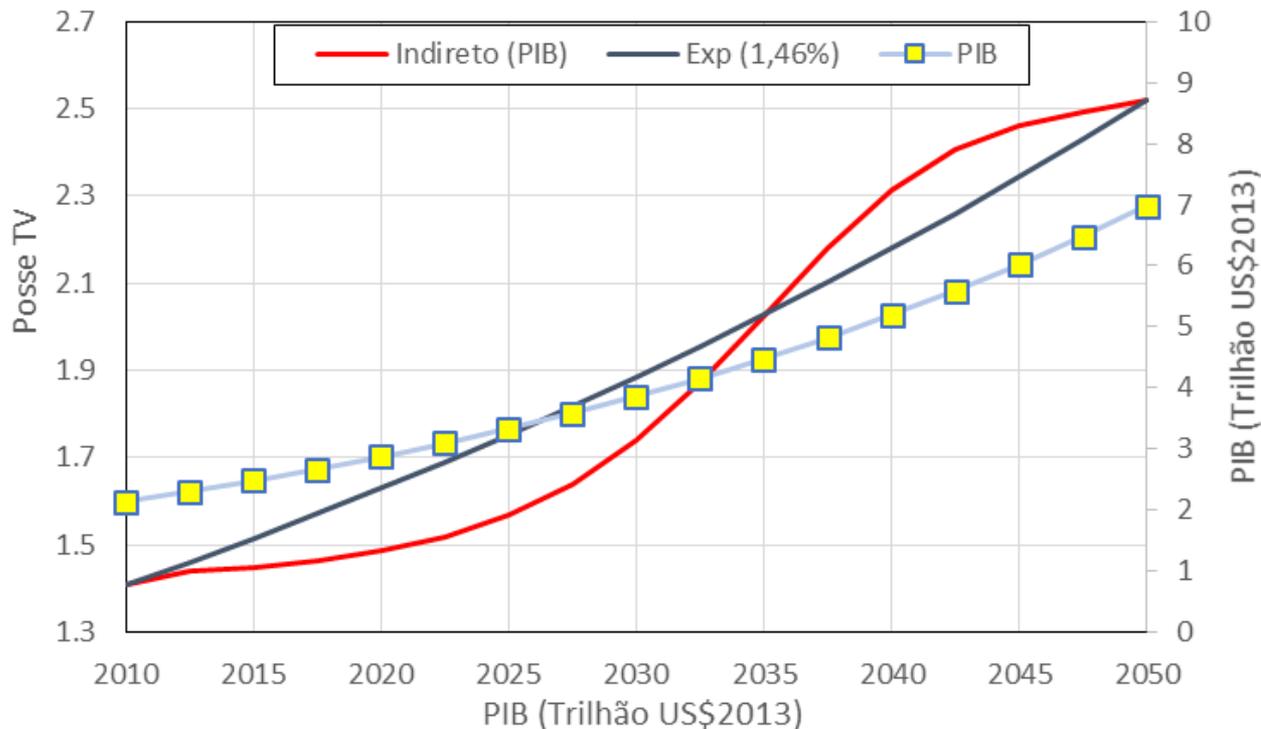




Ex. Residencial - Televisão

/// Exemplos de evolução da posse:

/// Dado macro: PIB crescendo a 3% ao ano.





Ex. Residencial - Televisão

- /// Como estimar a demanda de eletricidade para televisores domésticos?
 - /// 1 - Fazer cenários de posse de televisão
 - /// 2 – Perfil de utilização e perfil tecnológico
 - /// Quantas horas por dia? Quantos dias por semana? Diferencia fim de semana?
 - /// Que horas as TVs são utilizadas?
 - /// Altera perfil de consumo e curva de carga do sistema elétrico
 - /// Qual o consumo de uma TV típica? Vai aumentar/reduzir?
 - /// Tamanho, resolução, funções adicionais, stand-by



Estratégia de integração dos resultados setoriais ao modelo de otimização energética



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

Integração de Modelos



Integração de Modelos

- /// É necessário adicionar as informações setoriais ao modelo
- /// Esta etapa pode ser trabalhosa, dependendo do detalhamento selecionado
- /// Importante manter consistência entre a modelagem setorial e a sua representação no modelo de otimização do sistema energético
- /// Modelos setoriais provem:
 - /// Demandas (exógenas): produção, serviço energético ou energia final
 - /// Rotas tecnológicas: equipamentos, processos, insumos
 - /// Dados técnicos detalhados: eficiências, custos, rendimentos, restrições



Integração de Modelos

/// Sistema energético: rotas e fluxos para atender a demanda

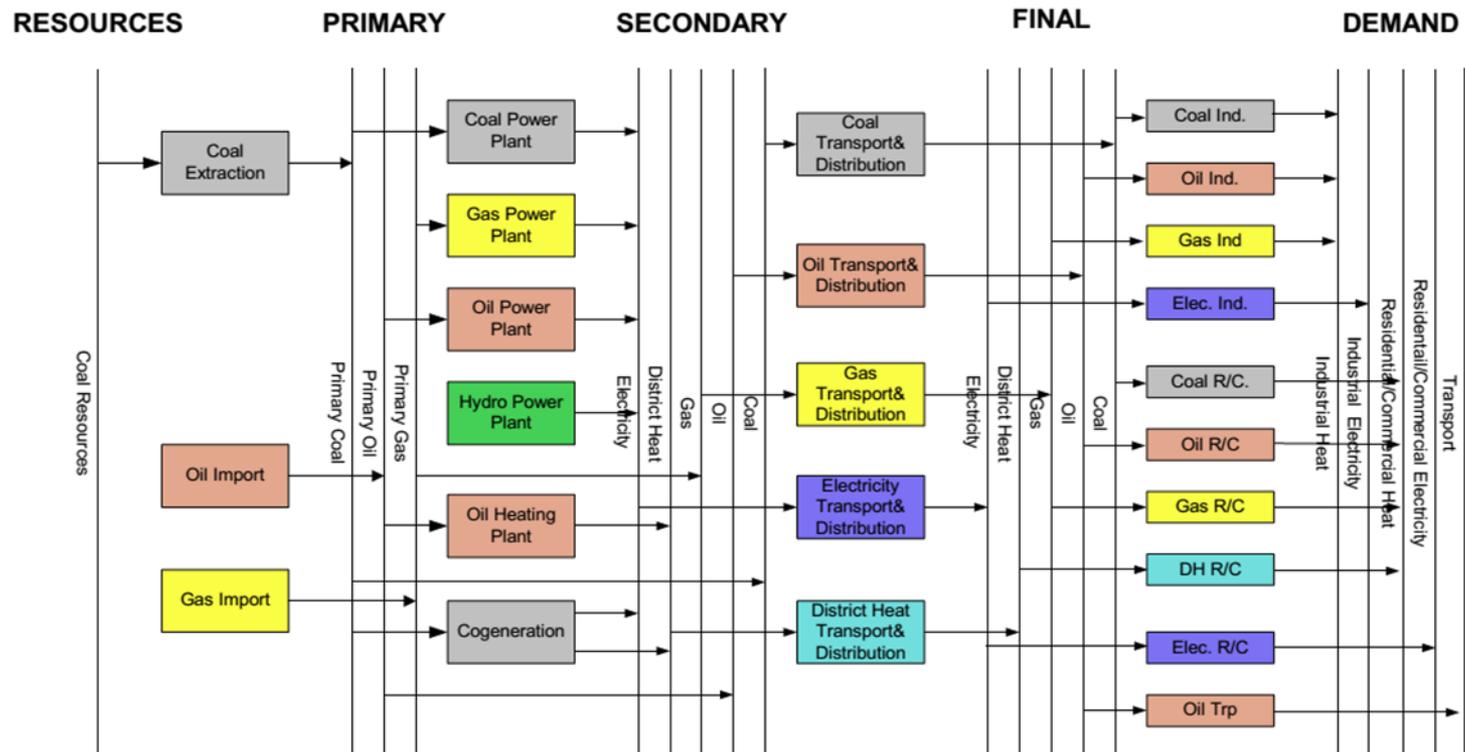


FIG. 1.1. Schematic Presentation of Some Energy Chains



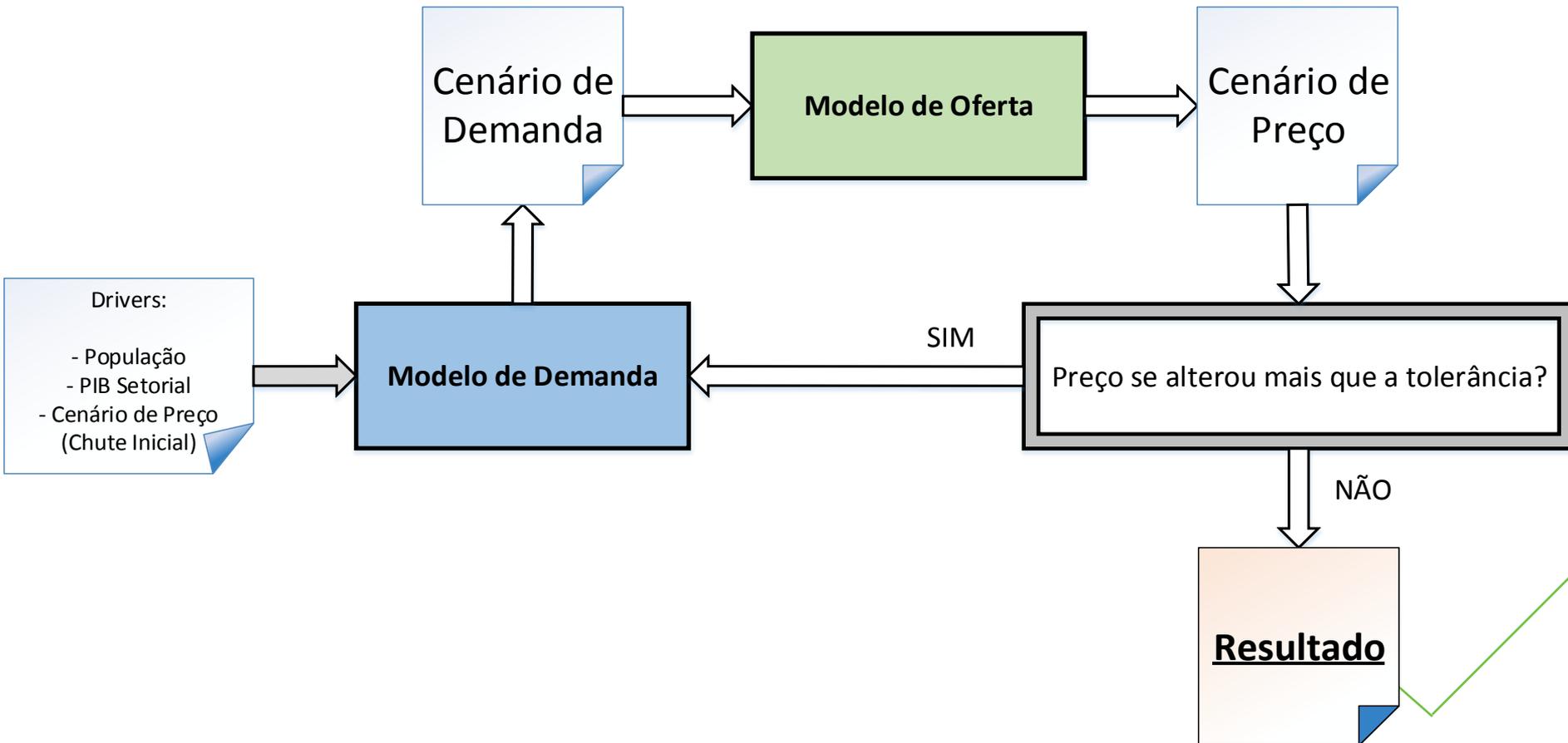
Integração de Modelos

- /// Objetivo: Garantir consistência macroeconômica
- /// Oferta e demanda / Eq. Parcial e Eq. Geral
- /// Formas de integração
 - /// Hard-link: união virtual direta dos modelos sob mesma plataforma
 - /// Soft-link: transposição de resultados entre modelos
- /// Requer recurso iterativo para convergência



Integração de Modelos

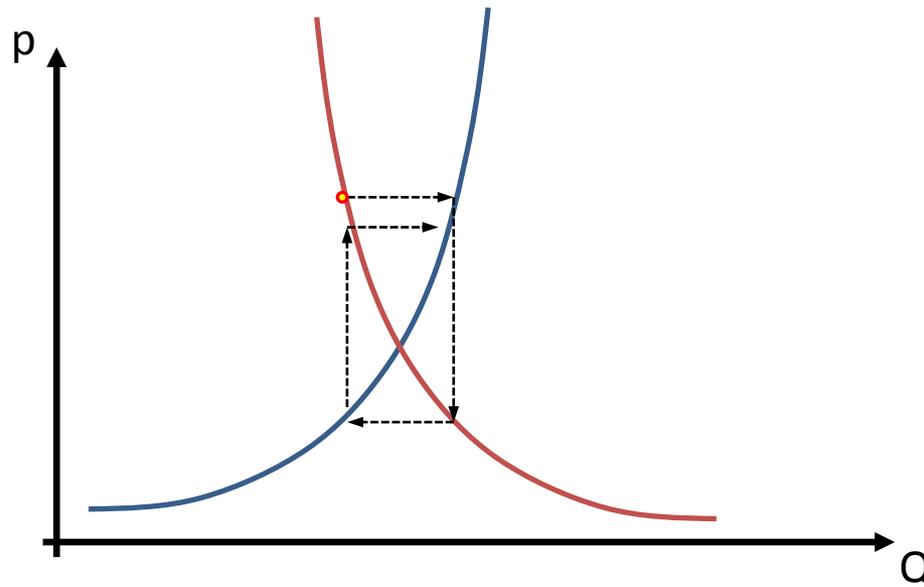
/// Exemplo: Oferta e Demanda





Integração de Modelos

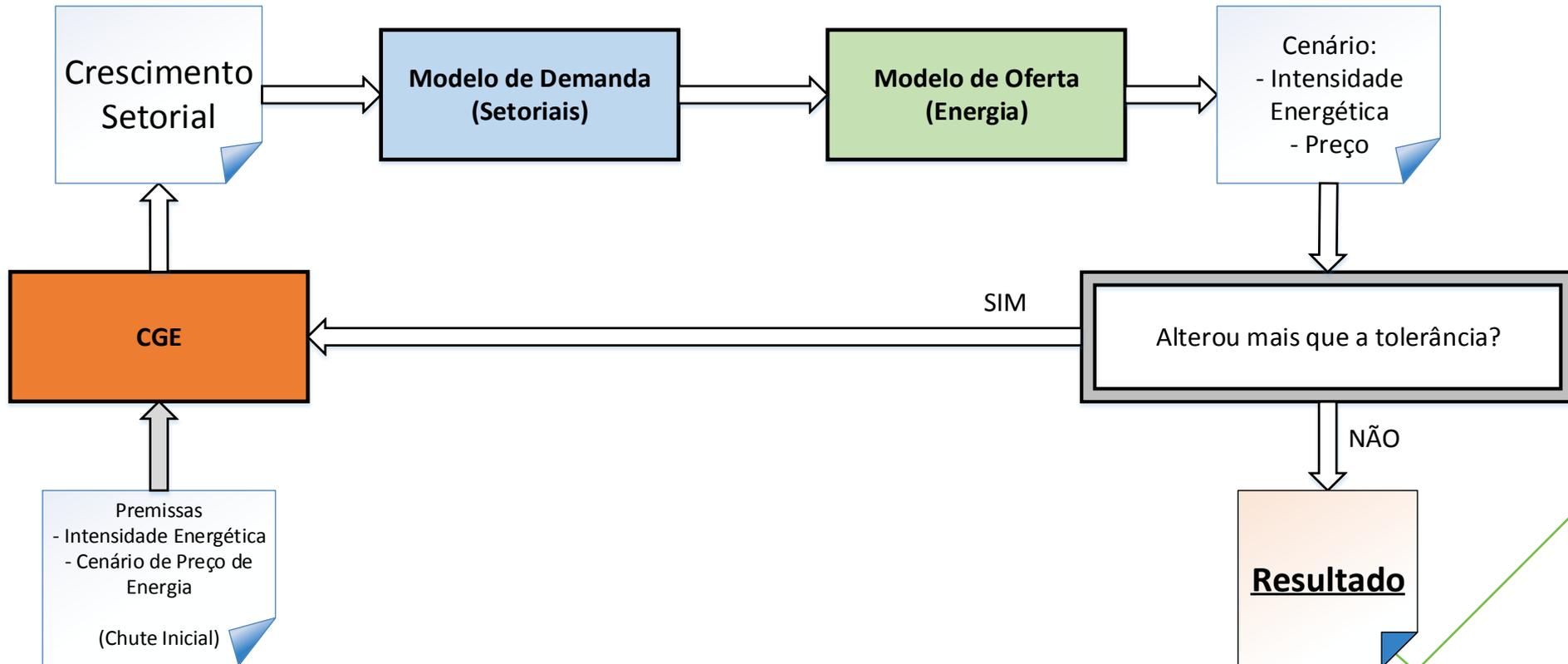
/// Exemplo: Oferta e Demanda





Integração de Modelos

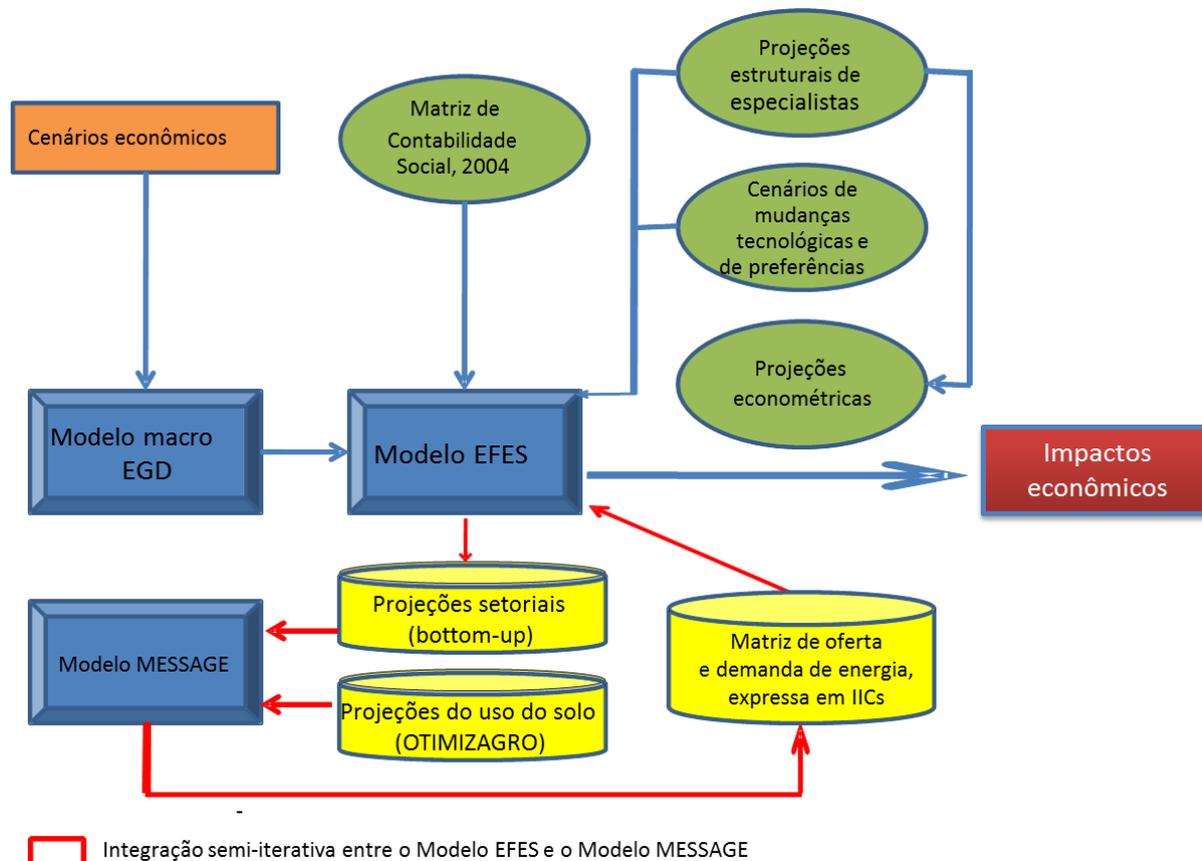
/// Procedimento Iterativo teórico: CGE e Energético





Integração de Modelos

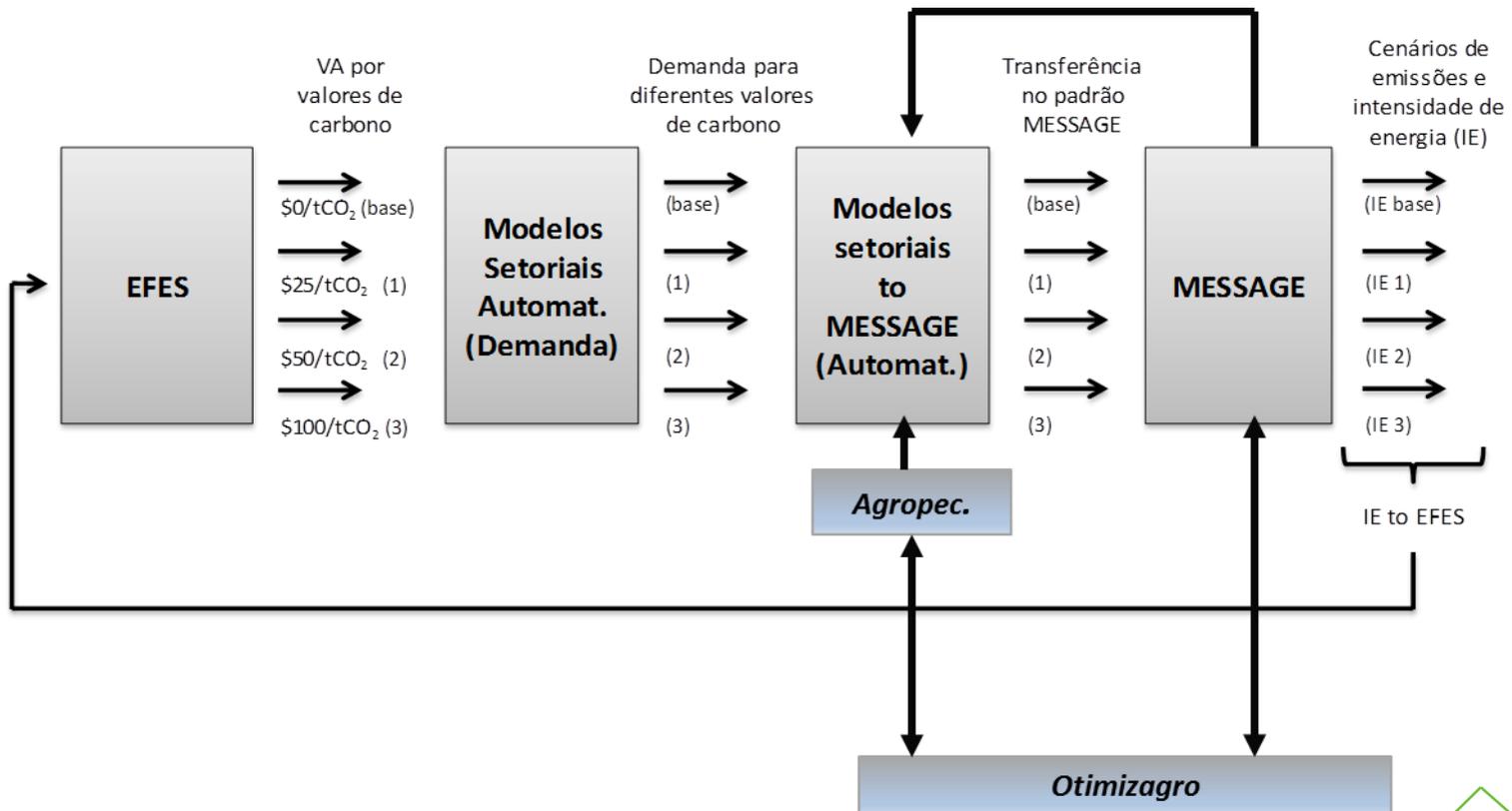
/// Procedimento Iterativo teórico: CGE e Energético





Integração de Modelos

/// Procedimento Iterativo teórico: CGE e Energético





Integração de Modelos

/// Desta forma, são capturado efeitos:

- /// Elasticidade-preço: alteração da demanda pelo custo da energia
- /// Intensidade: redução do PIB
- /// Estruturais: setores são afetados diferenciadamente
- /// Eficiência Energética
- /// Tecnológicos: curva de oferta com maior detalhe
 - /// Especialmente para o setor elétrico



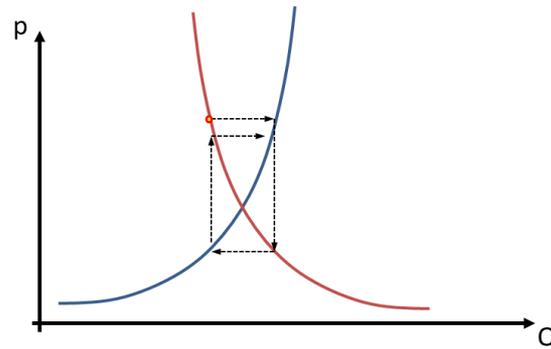
Estratégia de integração do cenário integrado do sistema energético ao modelo EFES para mensuração de impactos econômicos





Integração de Modelos

- /// De forma geral, efeitos de primeira e segunda ordem não são absorvidos pela modelagem energética
- /// Alguns modelos permitem estimar os efeitos de primeira ordem
 - /// Ex.: elasticidade preço da demanda



- /// Impactos no crescimento econômico e em indicadores socioeconômicos não são absorvidos por esta modelagem
- /// Equilíbrio Parcial



Integração de Modelos

- /// Conforme procedimento iterativo, os resultados da modelagem energético devem retornar à modelagem econômica
- /// Modelo energético pode prover diversas informações:
 - /// Consumo energético e intensidades energética
 - /// Emissões setoriais e intensidade de carbono
 - /// Crescimento do setor de energia
 - /// Custo de insumos energéticos
 - /// Estimativa dos investimentos na expansão e operação do sistema energético



Integração de Modelos

/// Intensidade energética setorial

/// Pode ser utilizada em um CGE com uma MIP ou função CES

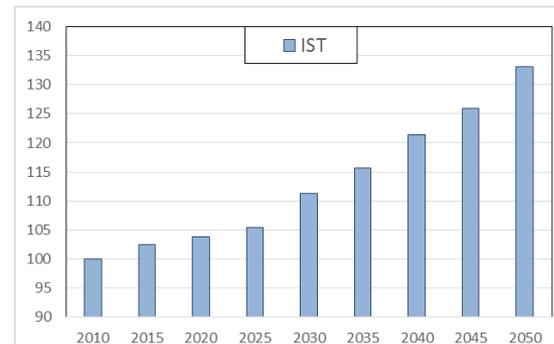
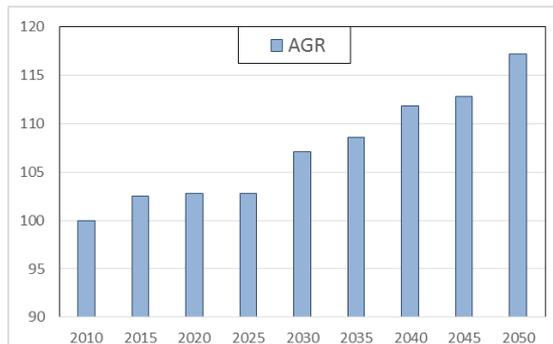
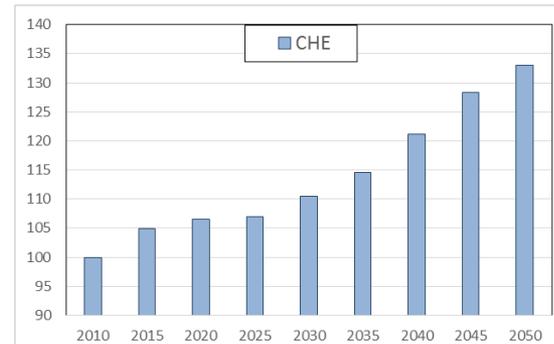
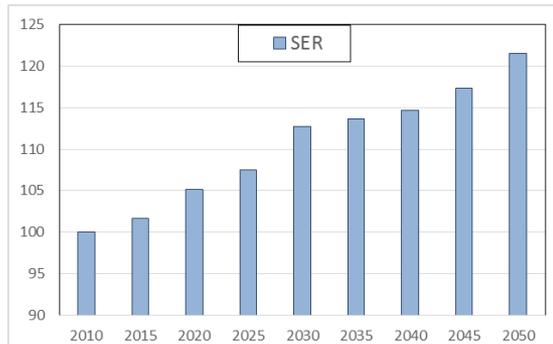
/// Impacto sobre outros setores e sobre o VA

		Energy Intensity Index (2010 = 100)								
		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Iron/Steel	IST	100	102	104	105	111	116	121	126	133
Chem/Petro	CHE	100	105	106	107	110	115	121	128	133
NonMetalic	NME	100	102	104	109	113	116	119	127	131
Mining	MIN	100	102	104	108	111	112	117	124	133
Food/Bev/Tob	FBT	100	105	107	108	112	115	120	124	131
Paper/Wood	WOP	100	102	104	105	106	110	114	119	126
Construction	CST	100	105	108	110	116	120	123	127	135
Other Ind	OID	100	104	104	105	106	108	110	116	124
Road	RTR	100	104	107	109	112	117	121	124	131
Other	TRA	100	103	108	108	109	113	115	118	121
Avation	ATR	100	104	106	107	113	114	118	121	126
Agriculture	AGR	100	102	103	103	107	109	112	113	117
Service	SER	100	102	105	108	113	114	115	117	122



Integração de Modelos

- /// Intensidade energética setorial
- /// Pode ser utilizada em um CGE com uma MIP ou função CES
- /// Impacto sobre outros setores e sobre o VA

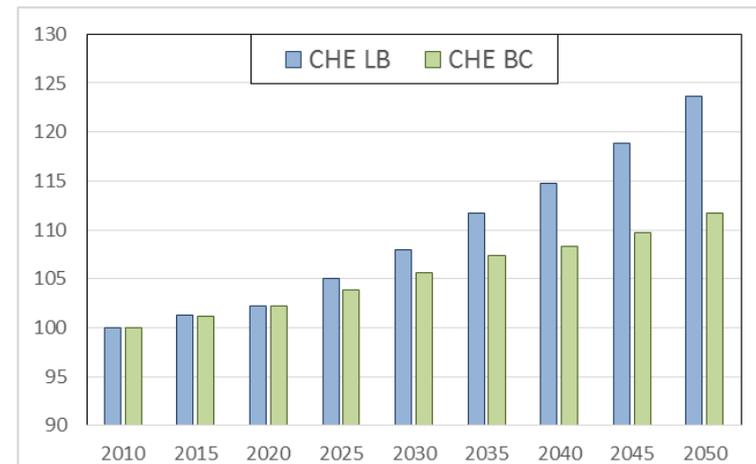
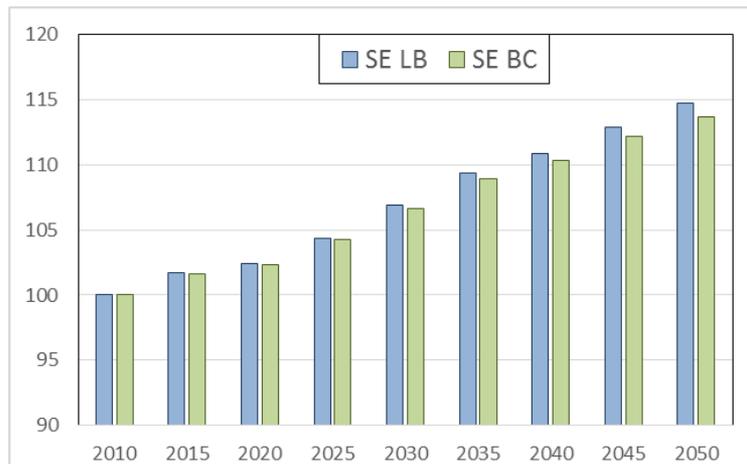




Integração de Modelos

/// Intensidade de carbono

- /// Impacto econômico diferenciado nos setores ao introduzir um custo ao carbono
- /// Impacto de segunda ordem só são capturados pelo modelo de equilíbrio geral
- /// Teste de políticas para implementação do custo carbono



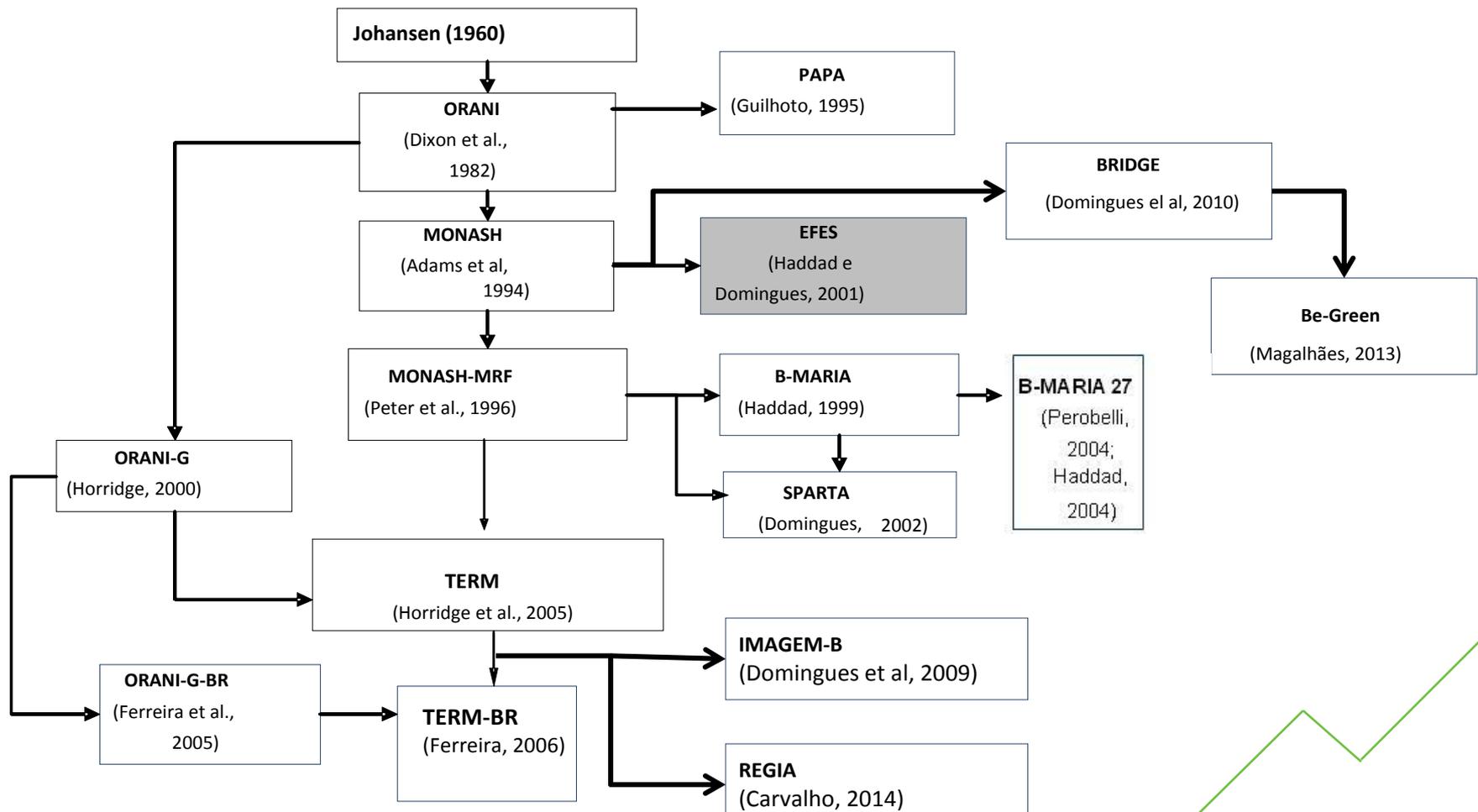


Simulação de impactos econômicos de atividades de baixo carbono

Apresenta o modelo EFES e exemplos de impactos do custo de carbono



EFES: abordagem de Johansen em modelos EGC (tradição australiana e ramificação brasileira)





EFES: abordagem de Johansen em modelos EGC (tradição australiana e ramificação brasileira)

Descrição geral

Tipo	Nacional ■ e.g. MONASH, ORANI-G, BRIDGE, Be-Green
Setores	56
Produtos	110
Fatores primários	2 (Trabalho e Capital)
Origem dos produtos	2 (doméstico + importado)
Usuários Finais	5 (famílias, governo, exportações, investimentos, estoques)
Ano Base	2007
Uso do modelo	Estática Comparativa e Dinâmica Recursiva
Equações	340 mil
Variáveis	442 mil
Operacionalização	Sistema Linear no GEMPACK

Conjuntos de equações do modelo:

1. **Produção:** decisão sobre insumos
2. **Investimento:** decisão sobre insumos
3. Demanda das **famílias**
4. Demandas por **exportações**
5. Demandas do **governo**
6. Demandas por **estoques**
 - aplicação da teoria microeconômica (minimização de custo, maximização de utilidade)
 - mercados competitivos
 - uso de funções de produção e funções de utilidade hierarquizadas
 - uso de dados de insumo-produto
 - Representação na forma de variação percentual
 - escolha de variáveis exógenas e flexibilidade de aplicações
7. Demandas por **margens**
8. **Equilíbrios** de mercados
9. Equações de **preços**
10. Índices e agregados
11. **Alocação** do investimento
12. Mercado de **trabalho**
13. **Acumulação** de estoque de capital



Núcleo da Base de Dados do modelo EFES

		Agentes					
		Produtores	Investidores	Famílias	Exportações	Governo	Estoques
	Dimensões	<i>i</i>	<i>i</i>	<i>f</i>	1	1	1
Fluxos Básicos	<i>c x s</i>	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	<i>c x s x m</i>	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	n/a
Impostos	<i>c x s x t</i>	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	n/a
Trabalho	<i>o</i>	V1LAB	$c = 120 \quad t = 3 \quad f = 10 \quad s = 2$ $i = 60 \quad o = 14 \quad m = 2$				
Imposto sobre Trabalho	1	VL TAX					
Capital	1	VICAP					
Terra	1	V1LND					
Impostos sobre a Produção	1	V1PTX					
Outros Custos	1	V1OCT					

	Matriz de Produção	Tarifas de Importação
Dimensão	<i>i</i>	1
<i>c</i>	MAKE	VOTAR

Aplicação do Modelo EFES

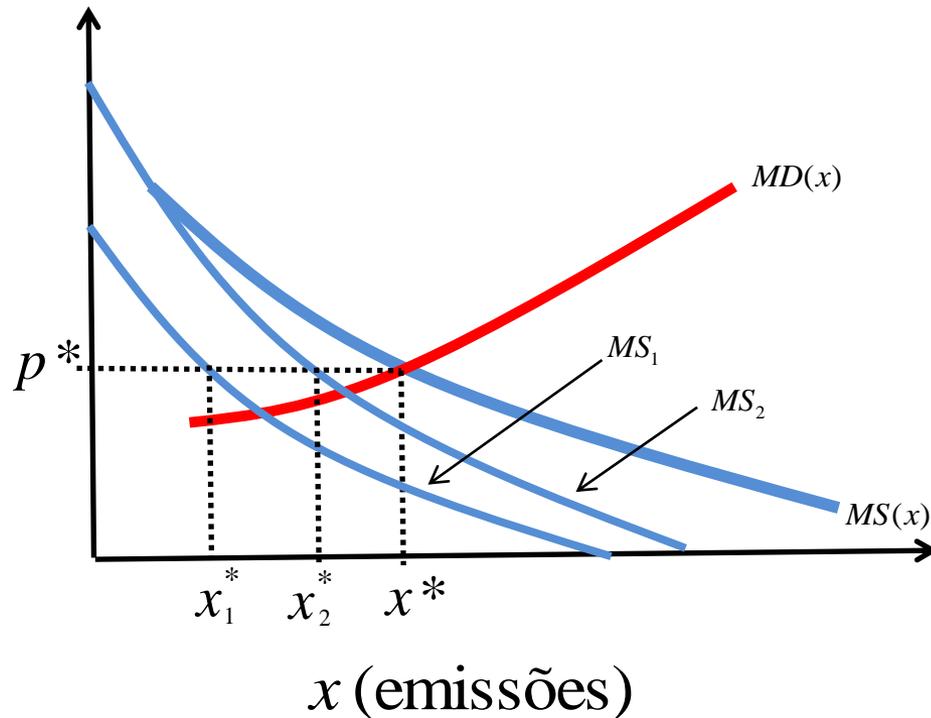
- Construção de um cenário de referência para o período 2010-2050
- Cenário com e sem custos de carbono: adaptação no modelo
- Simulações históricas são utilizadas para a atualização do banco de dados do modelo e a determinação de tendências de mudanças tecnológicas e de preferências.
- O modelo foi calibrado, inicialmente, para 2007, ano mais recente para o qual estão disponíveis as informações completas necessárias para sua implementação.
- Informações parciais vêm sendo liberadas para anos mais recentes (2008-2013), o que torna possível atualizar os coeficientes estruturais do modelo a partir destes dados.

Simulação de custo de carbono no cenário base

- Adaptações no modelo EFES
 - Módulo de emissões e custo de carbono
 - Dados de emissões
- Exemplos de faixas de custo de carbono que poderiam ser simuladas:
 - US\$/ton CO₂e: 0 (valor nulo), 10, 25, 50, 75, 100
 - Incidem sobre emissões de todos os setores, excluindo agricultura e pecuária
- Resultados macro e setoriais
 - Valor nulo (R\$0 custo carbono) e cinco cenários de valor de carbono
 - Desvio em relação ao cenário de linha de base (interpretação e análise)



Imposto de Pigou: dois poluidores



MS	Poupança marginal agregada da poluição
MS_1	Poupança marginal da poluição para a firma 1
MS_2	Poupança marginal da poluição para a firma 2
MD	Dano marginal agregado
x^*	Poluição eficiente total
p^*	Imposto de Pigou
x_1^*	Emissões firma 1 com imposto
x_2^*	Emissões firma 2 com imposto

Princípio da equidade: no controle de emissões de vários poluidores cuja poluição causa danos da mesma forma, princípio requer que o custo marginal de controle seja equalizado entre poluidores de forma a atingir uma redução de emissões ao menor **CUSTO SOCIAL** possível. Obtido com o imposto de Pigou.



Custo de carbono no EFES

- Modelos EGC usualmente tratam emissões separando-as por uso de produtos (combustíveis) e atividade produtiva (e.g. pecuária)
 - Emissões no modelo podem ser associadas ao uso de combustíveis ou ao nível de atividade do setor.
- Na base de dados do EFES as emissões foram associadas a atividade dos setores, pois o impacto no custo é indiferente à incidência na atividade ou uso de insumos emissores de GEE (combustíveis).
- Modelo permite imputar custos de carbono setoriais ou homogêneos.
 - Transformação destes custos em valores monetários que representam custos de produção. Maiores emissões, associadas a menor VBP, representa custo setorial maior
- Custo de carbono representa aumento no custo de produção setorial e aumento de preços, com queda de demanda.
 - Efeito negativo de redução de atividade (custo de carbono)
 - Efeito positivo: fatores mais baratos e diminuição de custos, para os que emitem pouco



Custos de carbono

- EFES trata o preço do carbono como um custo setor-específico sobre as emissões de CO₂-eq
- Para transformá-lo em um custo setorial, calcula-se:

$C = S \cdot E \cdot I$, onde

C = Custo de Carbono

S = valor específico (em R\$/ton de CO₂-e)

E = quantidade de emissões (em ton) e

I = indexador de preços usado para preservar a homogeneidade nominal do sistema e valor real

- O custo em taxa % (V) é equivalente a:

$C = (V \cdot P \cdot Q)/100$, onde

V = alíquota ad valorem do custo de carbono

P = o preço básico por unidade de produto

Q = a quantidade de produto do usuário *u* a ser taxado.

Custos de carbono: exemplo genérico

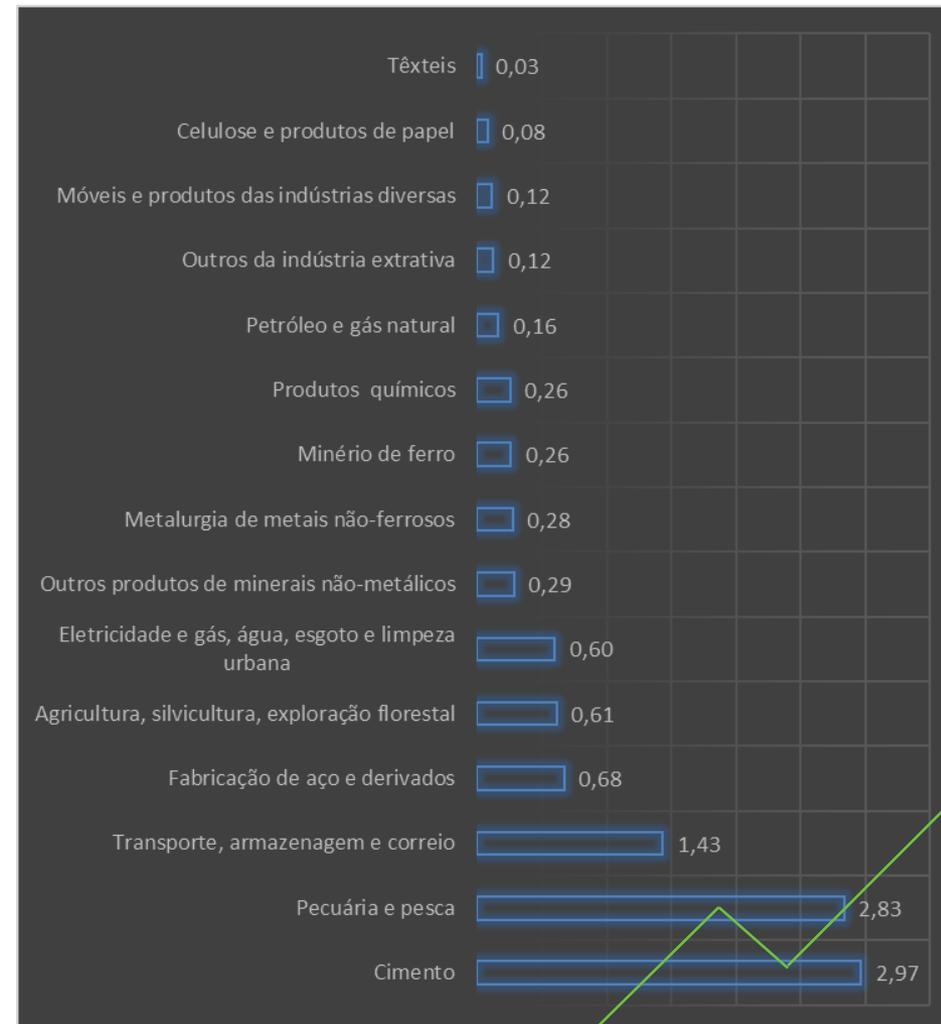
- Para cada tipo de usuário, um custo específico sobre emissões pode ser traduzido em uma taxa ad valorem da seguinte forma:

$$V = (S \times E \times I \times 100) / (P \times Q), \text{ onde}$$

(E . I) / (P .Q), pode ser definida como a intensidade de emissão por nível de atividade produtiva por reais

- O impacto setorial **direto** do custo de carbono depende de características técnicas (emissões) e da importância relativa desses custos no setor (em relação a seu VBP)
- Impacto **indireto** em toda a economia via cadeias produtivas (insumos mais caros)

Coeficiente de Emissões setoriais
(ton CO2e/ mil R\$)

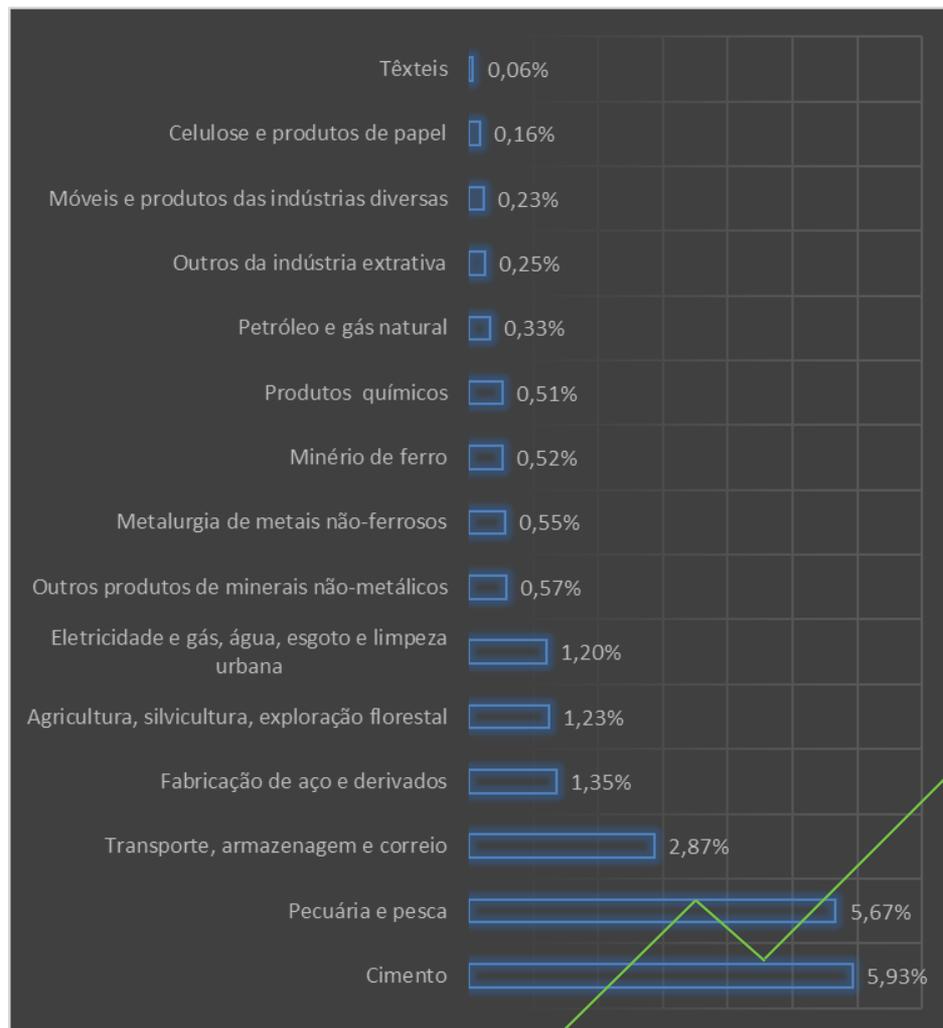


Custos de carbono: exemplo genérico

Coeficiente de Emissões setoriais
(ton CO2e/ mil R\$)



Custo setorial de carbono para 20 R\$/ton
(em % do VBP setorial)





Custos de carbono

- A emissão de atividade modelada como **diretamente proporcional** ao crescimento do setor.
- Não há no modelo inovações tecnológicas **endógenas**, que, por exemplo, permitam menos CO₂ por atividade ao longo do cenário.
- Setores reduzem emissões pela redução da atividade (produção), se o impacto no seu mercado for negativo.
- Setores aumentam emissões pela elevação da atividade (produção), se o impacto no seu mercado for positivo (deslocamento de fatores).



Custos de carbono: simulações

- Incidência a partir de 2015 (segundo quinquênio do cenário)
- Faixas (US\$ por ton/CO₂-e)
 - 10, 25, 50, 75 e 100
- Convertido em R\$ e atualizado monetariamente em cada período (valor real do custo ao longo do cenário)
- Variáveis macros endógenos : consumo das famílias, investimento, exportações e importações
- Variáveis macros exógenos (fixos em relação ao cenário base): consumo do governo
- Resposta setorial: capital, trabalho e insumos
 - Em geral, negativo: perda em relação ao cenário base
 - Mas alguns setores podem ganhar: deslocamento de fatores, menores emissões, menor coeficiente de emissões



Resultados típicos

- Intensidades de energia e de carbono.
- Impacto por faixas de valor de carbono sobre o PIB, VBP, valor adicionado, emprego e renda.
- Impacto por faixas de valor de carbono sobre o consumo da famílias, FBKF, exportações e importações.



Referências



Bibliografia

Adams, P., Horridge, M., Parmenter, B. R. (2000). **MMRF-GREEN: A Dynamic, Multi-sectoral, Multi-regional Model of Australia**. Australia: Monash University, Centre of Policy Studies, Impact Project.

Adams, P. **Medium-term forecasts of energy usage: an application of the MMRF-GREEN tops-down model**. Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, 2002. Disponível em: <<http://www.iea-etsap.org/web/Workshop/worksh7-7/JS-Adams-paper.pdf>>.

Adams, P., Parmenter, B. R. (2013). Computable General Equilibrium Modeling of Environmental Issues in Australia. **Handbook of Computable General Equilibrium Modeling**, 1, 553-657.

Almeida, E. S. **Um modelo de equilíbrio geral aplicado espacial para planejamento e análise de políticas de transporte**. São Paulo, 2003. 258 f. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

Arrow, K. J. e Hahn, F. H. (1971). *General Competitive Analysis*. Holden-Day, Inc., San Francisco.

Blad, M. C. e Kleiding, H. (1990). *Microeconomics: Institutions, Equilibrium and Optimality*. Advanced Textbooks in Economics 30, North-Holland, Amsterdam.

Blaug, M. (1992). **The Methodology of Economics: Or How Economists Explain**. Second Edition, Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge University Press.

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. (2010). Segundo Inventário Brasileiro das Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal. (Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>)



Bibliografia

Debreu, G. (1959). **Theory of Value**. Wiley, New York.

Dixon, P. D. (2003). "Acceptance Speech". Distinguished Fellow of the Economic Society of Australia, 30 de fevereiro.

Dixon, P. D. e Parmenter, B. R. (1996). "Computable General Equilibrium Modeling for Policy Analysis and Forecasting". In: H. M. Amman, D. A. Kendrick e J. Rust (Eds.), *Handbook of Computational Economics*, 1: 3-85, Elsevier, Amsterdam.

Dixon, P. D.; Rimmer, M. **Dynamic general equilibrium modeling for forecasting and policy: a practical guide and documentation of MONASH**. Amsterdam: North-Holland, 2002.

Domingues, E. P. **Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas**. São Paulo, 2002. 228 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

Eatwell, J., Milgate, M. e Newman, P. (1989). *The New Palgrave: General Equilibrium*. W. W. Norton & Company, New York.

Faria, W. R. **Modelagem e avaliação de fenômenos relacionados ao uso da terra no Brasil**. São Paulo, 2012. 275 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.

Frankel, J. A. (1990). **Zen and the Art of Modern Macroeconomics: A Commentary**. In: *Monetary Policy for a Volatile Global Economy*, Eds Haraf. and Willett, American Enterprise Institute for Public Policy.

Frankel, J. A. e Rose, A. (1995). A Panel Project on Purchasing Power Parity: Mean Reversion Within and Between Countries. **NBER Working Paper 5006**.

Ginsburgh, V. E Keyzer, M. (1997). **The Structure of Applied General Equilibrium Models**. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.



Bibliografia

Guilhoto, J. J. M. **Um modelo computável de equilíbrio geral para planejamento e análise de políticas agrícolas (PAPA) na economia brasileira**. Piracicaba, 1995. 258 p. Tese (Livre-docência em Economia) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo.

Haddad, E. A.; Domingues, E. P. EFES — Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, v. 31, n. 1, 2001.

Haddad, E. A. **Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience**. Aldershot, Ashgate, 1999.

Haddad, E. A. (2004). **“Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional”**. Tese de Livre-docência, EAE/FEA/USP, São Paulo.

Hanoch, G. **CRESH production functions**. *Econometrica*, v. 39, n. 5, p. 695-712, 1971.

Harrison, J.; Pearson, K. **An introduction to GEMPACK. GEMPACK user documentation GPD-1**. Melbourne: Centre of Policy Studies and IMPACT Centre, Monash University, 2002.

Horridge, M. **ORANI-G: a generic single-country computable general equilibrium model**. Clayton: Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, 2003. Disponível em: <<http://www.monash.edu.au/policy/oranig.htm>>.

Hunt, E. K. (1982). **História do Pensamento Econômico**. Editora Campus, Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Série Relatórios Metodológicos Volume 40. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2013

Johansen, L. (1960). **A Multi-Sectoral Study of Economic Growth**. North-Holland, Second Enlarge Edition (1974).



Bibliografia

- Kanczuk, F. (2001) “Business Cycles in a Small Open Brazilian Economy, **Economia Aplicada** 5(3): 455-470.
- Kanczuk, F. (2003) “Real Interest Rates and Brazilian Business Cycles” **Review of Economic Dynamics**.
- Kydland, F. E. e Prescott, E. C. (1982) “Time to Build and Agregate Fluctuations”, **Econometrica** 50: 1345-1370.
- Layard P. R. G. e Walters, A. A. (1978). **Microeconomic Theory**. McGraw-Hill.
- Magalhães, A. S. **Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa**. (Tese de Doutorado). Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2013.
- Mas-Colell, A., Whinston, M. D. e Green, J. R. (1995). **Microeconomic Theory**. Oxford University Press, New York.
- Miller, R.; Blair, P. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2009.
- Perobelli, F. S. **Análise espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros**. São Paulo, 2004. 246 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.
- Samuelson, P. (1964). Theoretical Notes on Trade Problems. **Review of Economics and Statistics**, 46(2): 145-54.
- Santos, G. F. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. São Paulo, 2010. 192 p. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) — Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.
- Santos, R. C. (1996). “O Papel da Teoria de Preços na Análise da Riqueza de Quesnay”. *Estudos Econômicos*, vol. 26, no. 3, pp. 441-464.



Bibliografia

Sargent, T. e Ljungqvist, L. (2000). **Recursive Macroeconomic Theory**, MIT Press.

Scarf, H. (1973). **The Computation of Economic Equilibria**. Yale University Press, New Haven.

Shoven, J. B. e Whalley, J. (1992). **Applying General Equilibrium**. Cambridge Surveys of Economic Literature. Cambridge University Press.

Solow, R. (1956), A Contribution to the Theory of Economic Growth, **Quarterly Journal of Economics**, 70: 65-94.

Starr, R. M. (1997). **General Equilibrium Theory: An Introduction**. Cambridge University Press.

Stern, N. (2007). The Economics of Climate Change – the Stern Review. Cambridge: Cambridge University Press.

Bibliografia

IIASA, MESSAGE – Manual.

MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Reports. And Technical Notes.

Alcamo, J., van Vuuren, D., Ringler, C., Methodology for Developing the MA Scenarios, Ecosystems and Human Well-being: Scenarios.

Zachary, S., Haurie, A., Bahn, O., 2004. Mathematical Modeling and Simulation Methods in Energy Systems. Les Cahiers du GERAD.

Hughes, N., 2013, Towards improving the relevance of scenarios for public policy questions: A proposed methodological framework for policy relevant low carbon scenarios. Technological Forecasting & Social Change 80 (2013) 687–698

Rutherford, T., 2000. Getting started with CGE Modeling. University of Colorado. Lecture Notes.

Schaeffer, R., Et Al, 2014. Los Instrumentos De Planificación Energética. Presetación. Quito, Ecuador.

Lucena, et al. 2015. Climate policy scenarios in Brazil: A multi-model comparison for energy. Energy Economics. In press.

Kiekkola. A., et al, 200X. Challenges in Top-down and Bottom-up Soft Linking: The Case of EMEC and TIMES-Sweden. Project Report.

Hughes, N. et al, 2013, The structure of uncertainty in future low carbon pathways, Energy Policy 52 (2013) 45–54.

Pereira, A., et al, Modelos Energéticos: Uma Proposta de Planejamento Integrado .

Zhang, X., 2013. A simple structure for CGE models. Australian Productivity Commission, Melbourne, Australia.

MIT, 2014. Modeling Intermittent Renewable Energy: Can We Trust Top-Down Equilibrium Approaches? CEEPR WP 2014-004.

Aubyn, S., 2009. A hybrid Top-down/Bottom-up model for energy policy analysis in a small open economy - the Portuguese case. Discussion Paper 52.

Van Vuuren, D., et al, 2012. A proposal for a new scenario framework to support research and assessment in different climate research communities. Global Environmental Change 22 (2012) 21–35.

Fortes, P., et al, 200, Top-down Vs. Bottom-up Modeling To Support Climate Policy –Comparative Analysis For The Portuguese Economy.



*Opções de Mitigação de Emissões
de Gases de Efeito Estufa em
Setores-Chave do Brasil*

OBRIGADO

weslem.faria@ufjf.edu.br
pedrorochedo@ppe.ufrj.br