

# IMPACTOS E OPORTUNIDADES PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO

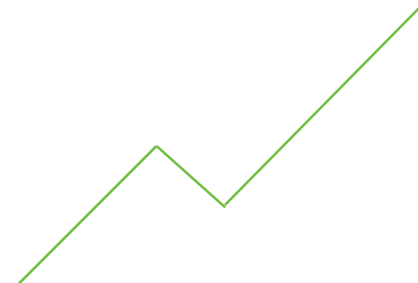
## MODELAGEM ECONÔMICA

Weslem Rodrigues Faria

Junho de 2016



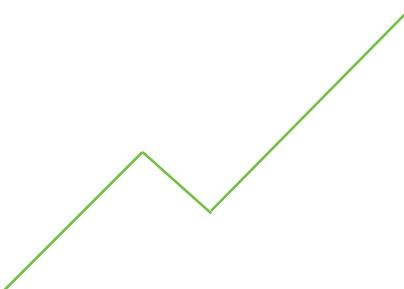
*Esse material objetiva a capacitação acerca das metodologias empregadas no projeto “Opções de mitigação de emissões de GEE em setores-chaves do Brasil”. Portanto, seu conteúdo não expressa resultados do projeto.*



# Objetivo

- /// O objetivo deste treinamento é apresentar a estratégia de modelagem empregada no projeto, e a mensuração dos impactos econômicos decorrente da adoção dos cenários integrados de baixo carbono. Os resultados foram obtidos a partir de uma integração de modelos econômicos. Um modelo macro dinâmico (DSGE) foi empregado para fornecer a trajetória das variáveis macroeconômicas ao longo do tempo. Um modelo EGC (EFES) foi utilizado para traduzir os resultados macroeconômicos em informações setoriais consistentes.

# Índice

- /// Estratégia de elaboração de cenários econômicos de longo prazo: interação macroeconômica e setorial
  - /// Cenário macroeconômico: condições de contorno (Modelo DSGE)
  - /// Cenário setorial
  - /// Simulação de impactos econômicos dos cenários integrados de baixo carbono
  - /// Conclusões
- 

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

Apresenta a estratégia de integração entre os modelos econômicos (DSGE e EGC), que foi utilizada para a obtenção de projeções de PIB setorial, que foram consideradas na construção dos cenários setoriais de baixo carbono.

# 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.
- Objetiva-se delinear o **Cenário Tendencial de longo prazo 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.

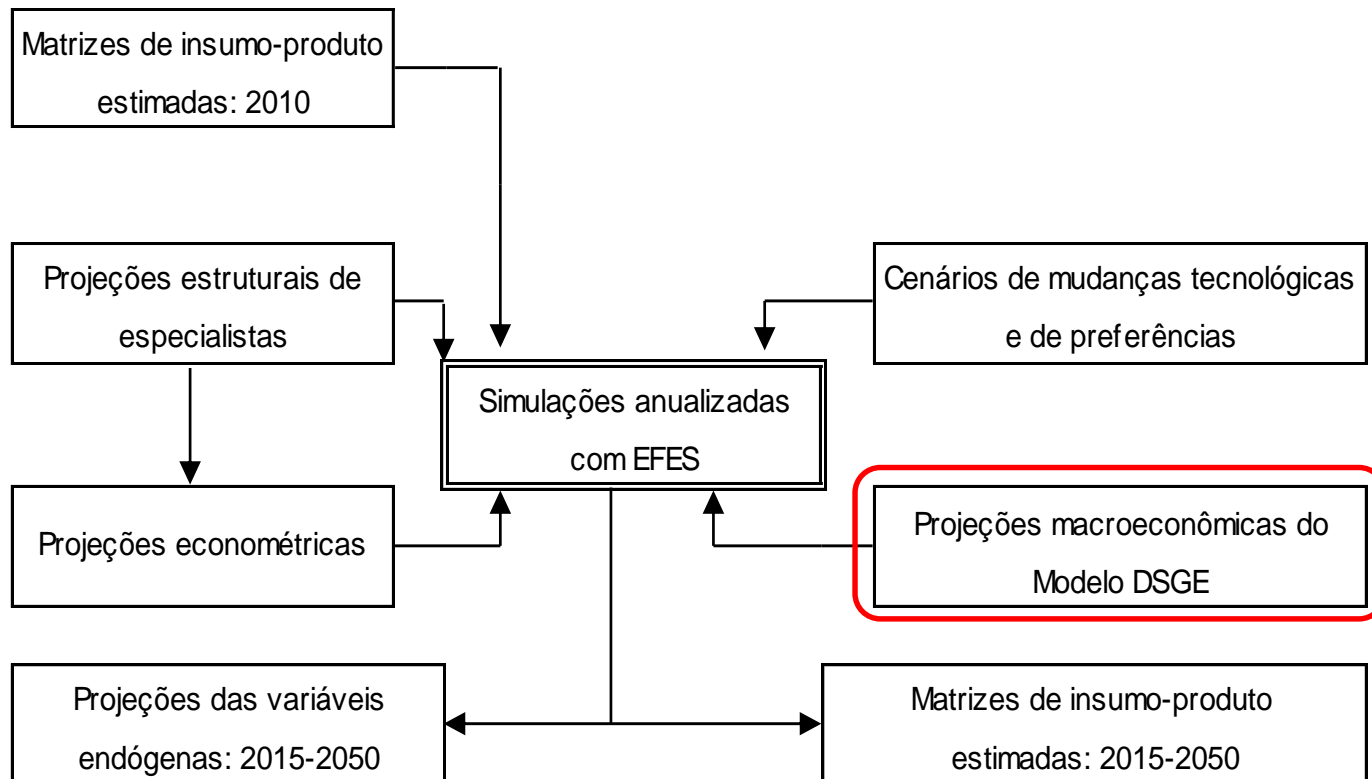
# Escopo

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. 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.

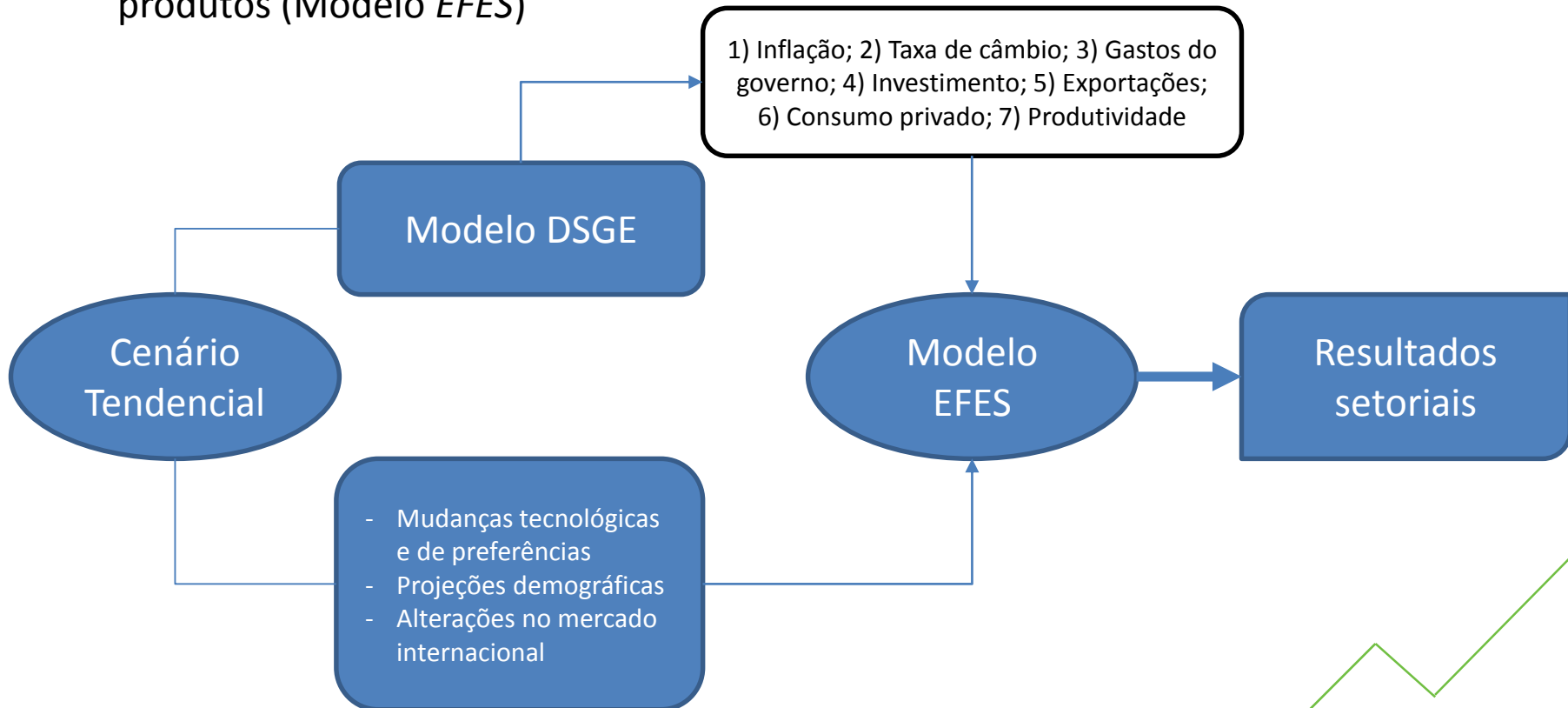
## Estratégia para Geração de Cenários Econômicos (integração dos módulos ou modelos)





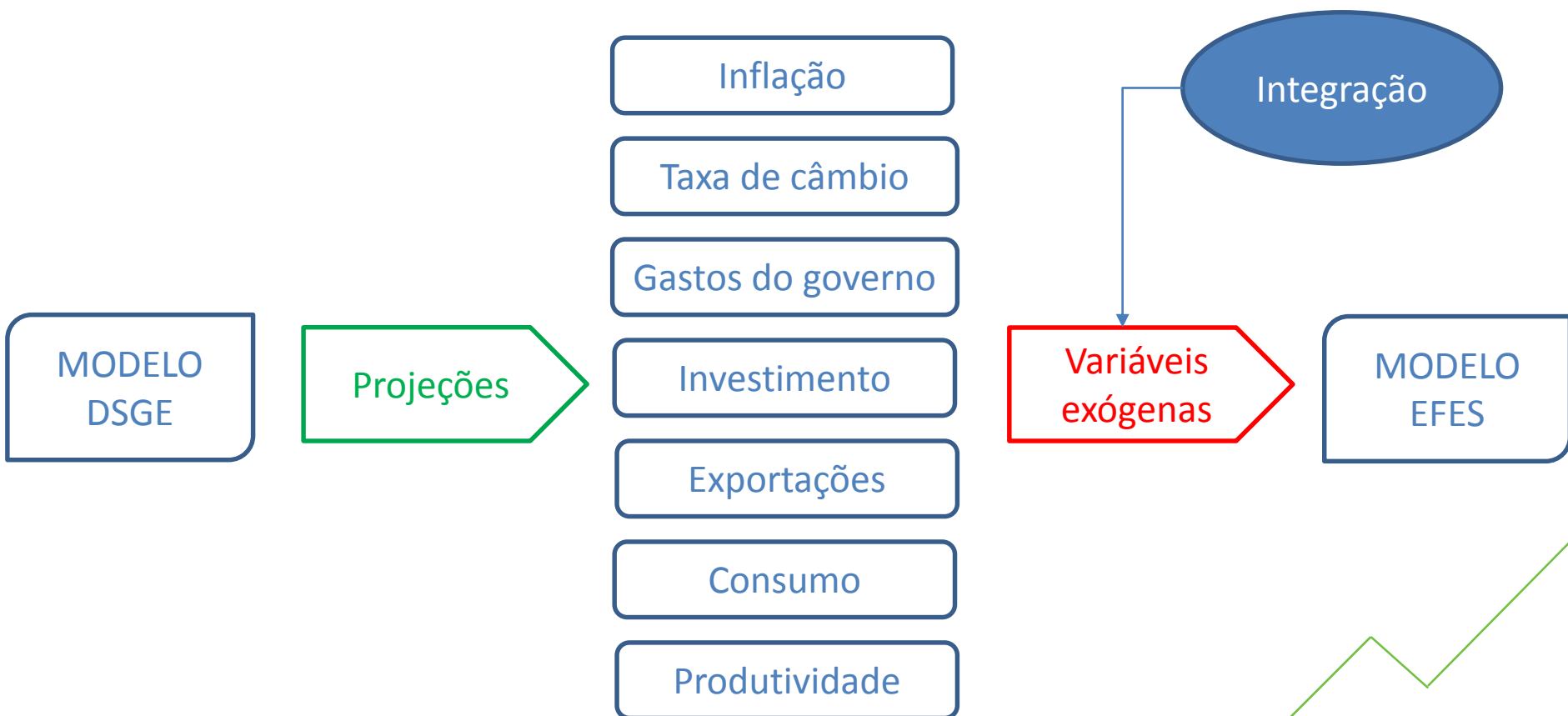
# Escopo

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



# Integração entre o modelo DSGE e o modelo EFES

- As projeções macroeconômicas do modelo DSGE foram utilizadas como variáveis de simulação no modelo EFES.



## 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

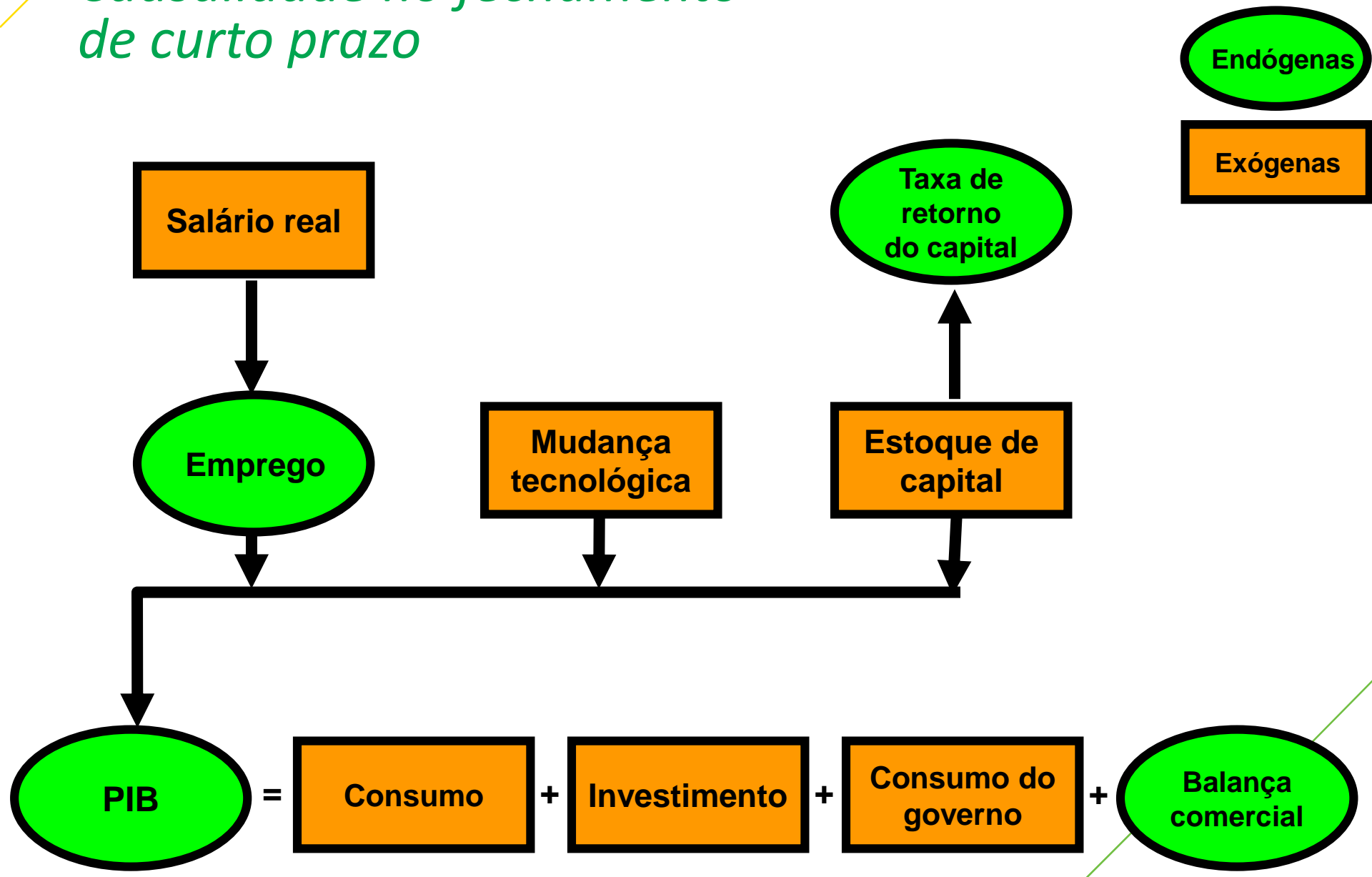
## *Horizonte temporal do fechamento*

São dois os tipos de fechamentos:

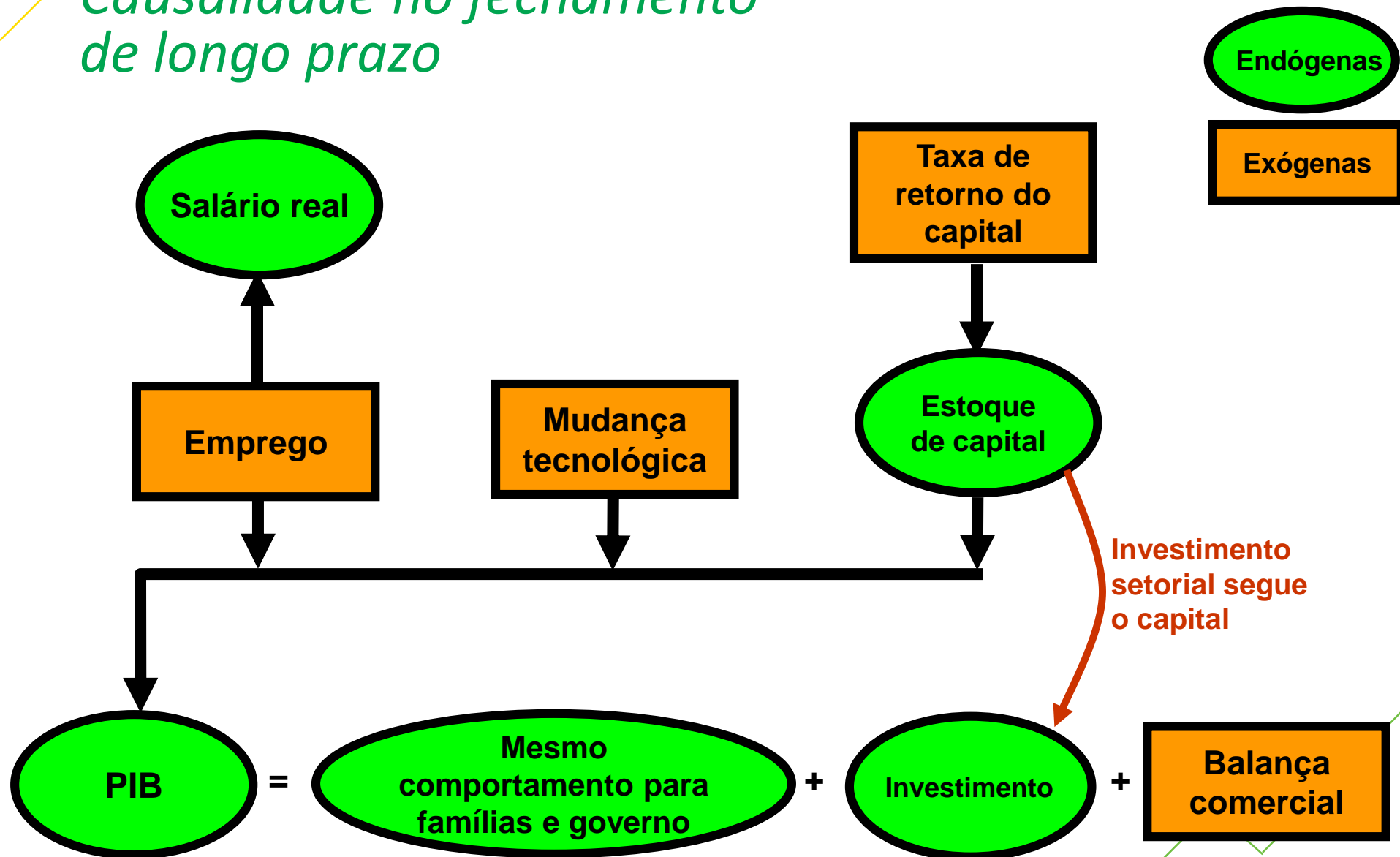
### **- Curto prazo:**

- 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



# 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



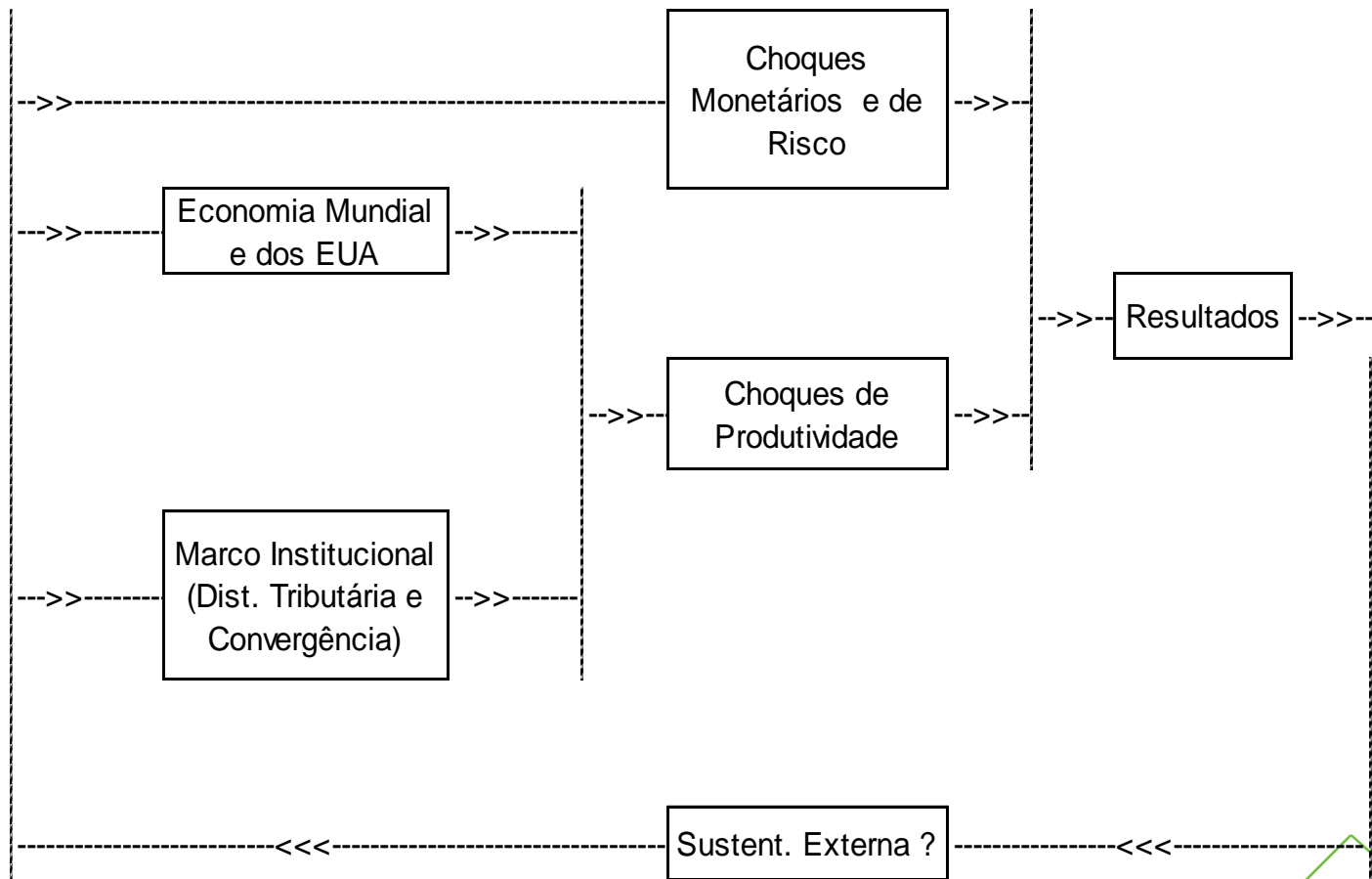
# *Cenário macroeconômico: condições de contorno*

Apresenta as hipóteses e os principais resultados do cenário econômico elaborado para o projeto

# Componentes modelagem no DSGE

- DECOMPOSIÇÃO DO CRESCIMENTO BRASILEIRO E O CONCEITO DE PRODUTIVIDADE
- JURO NEUTRO
- REBALANCEAMENTO MUNDIAL E CHINA NA PRÓXIMA DÉCADA
- HIPÓTESES PARA CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO BÁSICO
  - Economia dos EUA
  - Choques Monetários e de Risco
  - Choque de Produtividade

## Modelo DSGE: Fluxograma para Construção de Cenários Macroeconômicos



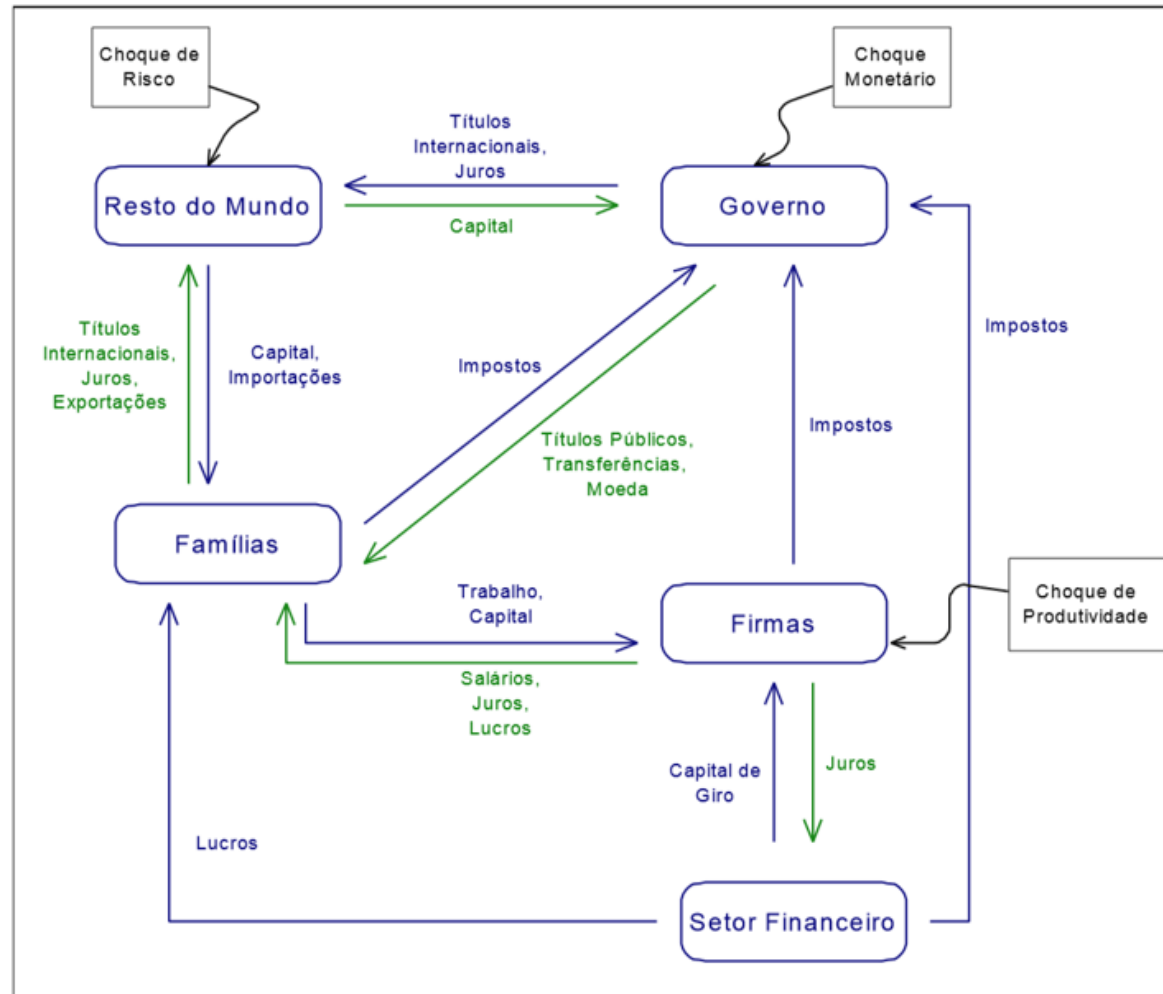
# *Determinantes da produtividade*

- Capital humano, o qual é medido através do nível educacional médio;
- Aspectos institucionais que afetam a alocação de recursos da economia, e a 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 à projeção adequada para o cenário macroeconômico.

# Estrutura do modelo de equilíbrio geral dinâmico e estocástico



## *Cenário básico*

- Nova rodada do modelo DSGE com a incorporação de novas informações
  - Revisão das contas nacionais



- Nova rodada do modelo EGC a partir do cenário base revisado
  - Inserido módulo de emissões e preço/custo/imposto de carbono
  - Dados de emissões da TCN e modelagem integrada (modelos MESSAGE e OTIMIZAGRO)

## *Cenário básico: algumas das premissas (hipóteses que alimentam o modelo DSGE)*

- Superávit primário em torno de 2% do PIB em 2015 seguido de aumentos subsequentes até 2017.
- Meta de inflação de 4,5% ao ano.
  - Com os grandes reajustes nos preços administrados (energia, transporte e água) em 2015, a inflação permanecerá elevada no curto prazo
- Conseqüentemente, os juros primários terão de ser elevados a um patamar próximo de 13%, causando uma maior retração da atividade.
  - No longo prazo, juros se estabilizam em torno de 7,7% a.a. (nominal) e 4,6% a.a. (real)
- Desvalorização cambial entre 2014-2015 permite que o ajuste da balança comercial seja suficiente para que o déficit de conta corrente não atinja um patamar muito elevado
- O resto do mundo continuará a financiar o déficit externo brasileiro sem que haja alguma ruptura
- Câmbio real sofre pequeno ajuste no tempo, retornando a sua média histórica de longo prazo, ajustada pela produtividade

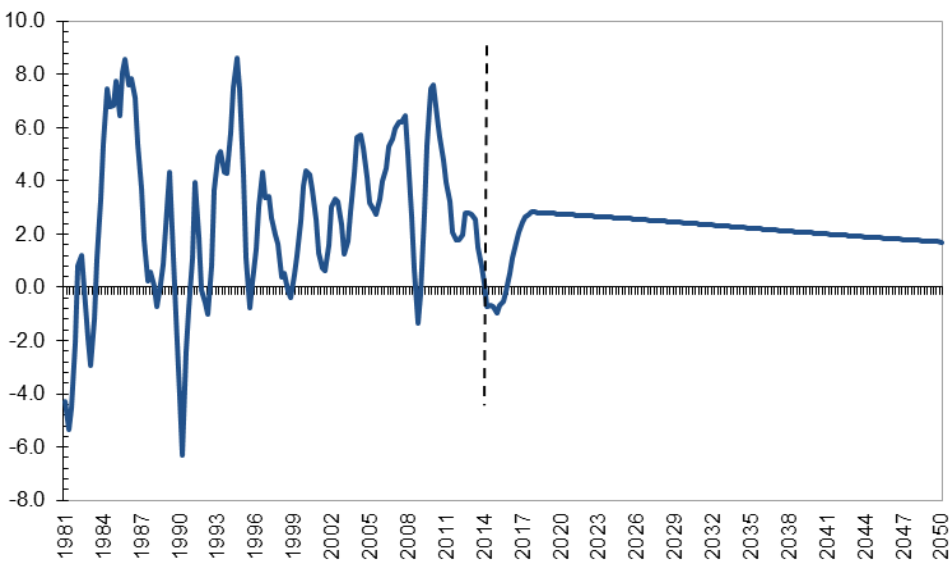


## *Considerando as premissas, o modelo obtém os seguintes resultados (síntese)...*

- PIB cresce 2,2% a.a de 2015 a 2050
- 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%

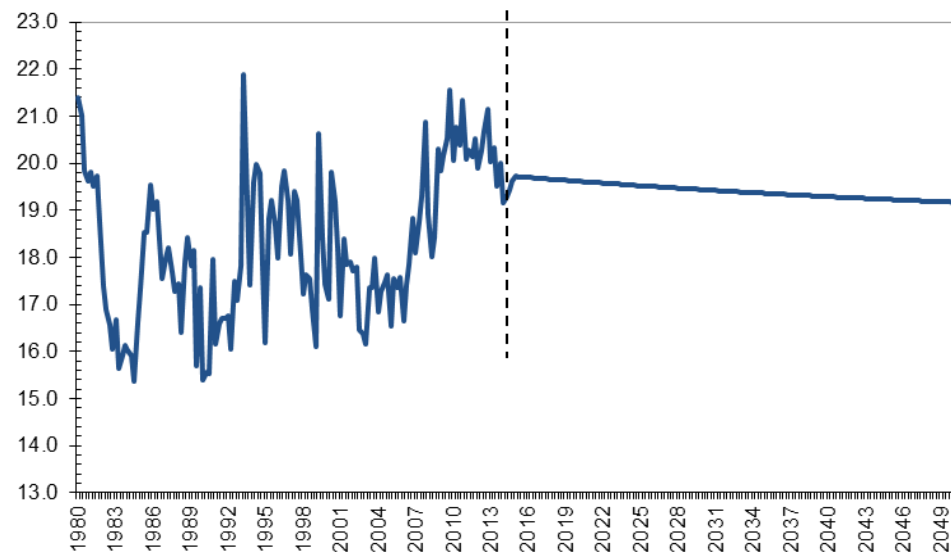
# Cenário básico

Crescimento do PIB (% ano)



1,52% a.a. de 2015-20  
2,22% a.a. de 2015-50

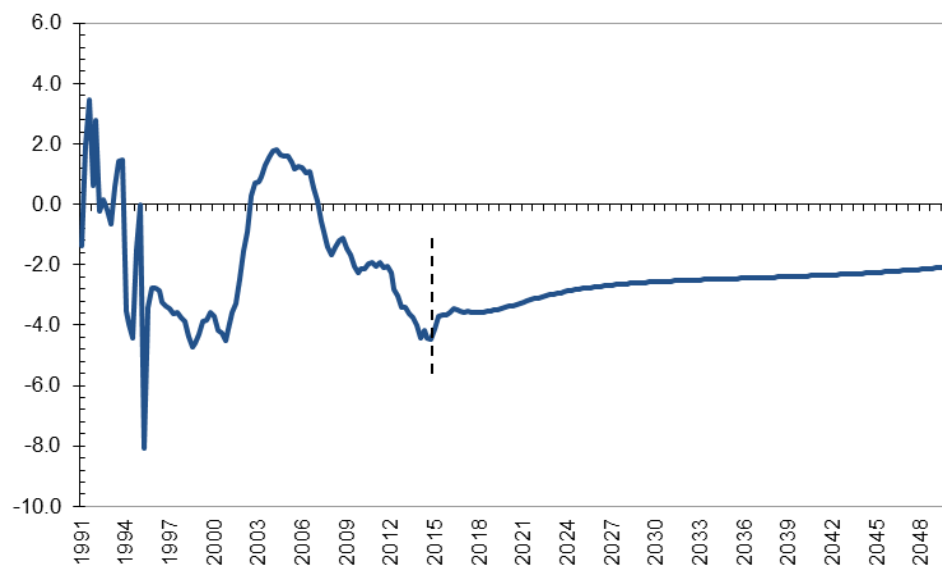
Taxa de Investimento (% PIB)



21,8% do PIB de 2015-20  
21,6% do PIB de 2015-50

# Cenário básico

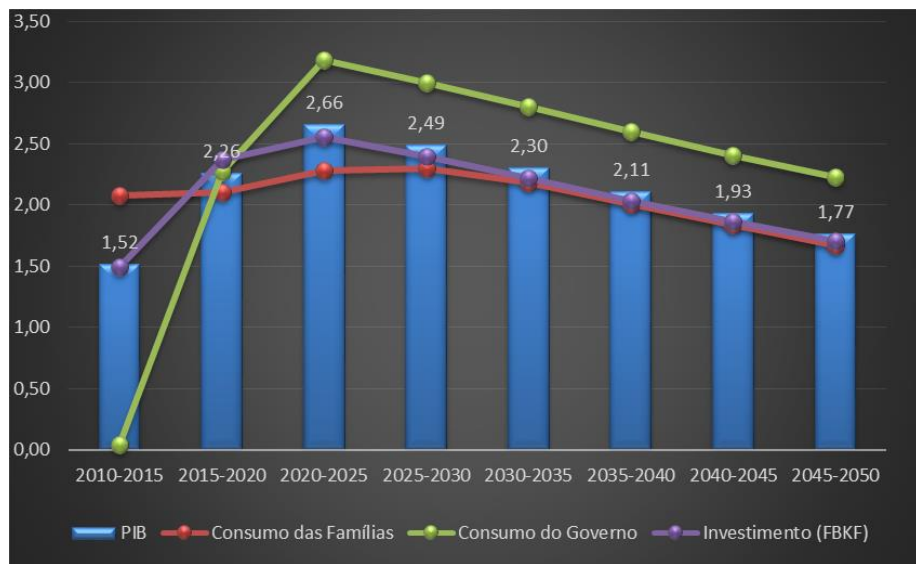
Transações Correntes (% PIB)



-3,6% do PIB de 2015-20

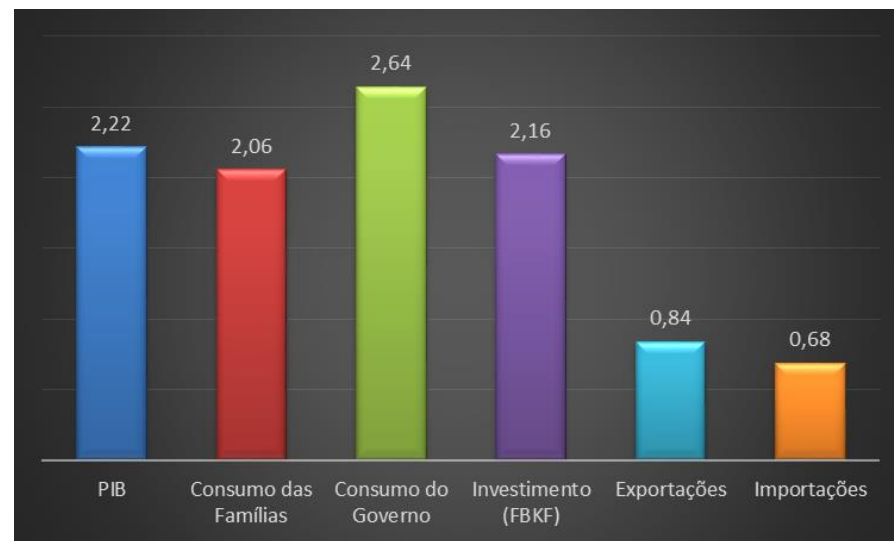
-2,5% do PIB de 2021-50

## Cenário básico: algumas alterações



Taxa média % de crescimento anual real, por quinquênio 2010-2050

Taxa média % de crescimento anual, 2010-2050



## *Cenário setorial*

Apresenta as hipóteses adicionais ao cenário macroeconômico e os resultados do módulo de projeções setoriais do EFES

## *Projeções setoriais com o EFES*

- Modelo EGC EFES possui módulo dinâmico de projeções setoriais
- Projeta resultados setoriais a partir de trajetória macroeconômicas (cenários tendenciais)
- Projeções setoriais são consistentes com as condições de contorno da economia brasileira

# Quadro síntese

Quadro 3. Características do Cenário Tendencial

Dimensão	Indicador	Baseline	Cenário Tendencial	Observações operacionais
<b>Crescimento</b>				
<b>Médio prazo</b>	PIB (crescimento médio anual) 2010-2035	PIB (crescimento médio anual) 2008-2013 <b>2,6%</b>	2,5%	Modelo DSGE + SCN (IPEADATA) <i>x0gdpexp (T)</i>
<b>Longo prazo</b>	PIB (crescimento médio anual) 2010-2050	PIB (crescimento médio anual) 1995-2013 <b>2,9%</b>	<b>2,3%</b>	Modelo DSGE + SCN (IPEADATA) <i>x0gdpexp (T)</i>
<b>Desempenho econômico</b>	PIB em 2050 (USD bilhões)	PIB em 2013 (USD bilhões) <b>2.205</b>	8.490	Modelo DSGE
<b>Desenvolvimento humano</b>				
<b>Renda</b>	PIB per capita em 2050 (USD mil)	PIB per capita em 2013 (USD mil) <b>11,2</b>	37,5	Modelo DSGE + IBGE
<b>Educação</b>	Média de anos de estudos em 2050	Média de anos de estudos em 2010 <b>7,9</b>	10,5	Micro-simulação <i>a1lab (F)</i>
<b>Qualidade da educação</b>	N/A	N/A	1,00	Fator de deslocamento da trajetória de <i>a1lab</i> calculado a partir das trajetórias de PIB/PTF
<b>Saúde</b>	Esperança de vida ao nascer (2050)	Esperança de vida ao nascer (2010) <b>73,9</b>	80,7	IBGE
<b>IDH</b>	Ranking IDH 2050 em 2012	Ranking IDH 2012 <b>85 (0,730)</b>	21 (0,892) Finlândia em 2012	data.undp.org

2,2%

# Quadro síntese

Dimensão	Indicador	Baseline	Cenário Tendencial	Observações operacionais
<b>Inserção internacional</b>				
<b>Global</b>	(X+M)/PIB em 2050	(X+M)/PIB em 2013 <b>27,6%</b>	17,2%	Modelo DSGE + SCN <i>x4tot, x0cif_c (F)</i>
<b>Qualificada</b>	Participação de produtos de alta/média intensidade tecnológica na pauta de exportação 2050	Participação de produtos de alta/média intensidade tecnológica na pauta de exportação 2010 <b>18,0%</b>	23,7%	Produtos MIP: 60-70; 78-86
<b>Tendencial</b>	N/A	N/A	Efeito “tamanho de mercado” moderado (2%)	Deslocamentos tendenciais das curvas de demanda por bens exportados pelo Brasil incluindo efeito “tamanho de mercado” <i>f4q (F)</i>
<b>Progresso técnico</b>				
	Crescimento médio anual da PTF	Crescimento médio anual da PTF		
<b>Total</b>	2010-2050	1995-2013 <b>1,1%</b>	1,0%	Modelo DSGE <i>a1prim (F)</i>
<b>Setor primário</b>	2010-2050	N/A	3,5%	Estudo setorial <i>a1prim (F)</i>
<b>Setor secundário</b>	2010-2050	N/A	1,8%	Estudo setorial <i>a1prim (F)</i>
<b>Setor terciário</b>	2010-2050	N/A	0,8%	Estudo setorial <i>a1prim (F)</i>
<b>Indústria de transformação</b>	2010-2050 por setor	N/A	Estudo da trajetória recente da PTF na indústria de transformação (2000-2006, por subsetor)	Fator de deslocamento da trajetória de <i>a1prim</i> calculado a partir das trajetórias de PTF do setor secundário, mantendo-se os diferenciais dentro da indústria de transformação <i>a1prim (F)</i>



# Quadro síntese

Dimensão	Indicador	Baseline	Cenário Tendencial	Observações operacionais
<b>Setor público</b>				
<b>Carga tributária</b>	Em % do PIB de 2050	Em % do PIB de 2013 <b>37,6%</b>	50,0%	Modelo DSGE
<b>Gastos públicos</b>	Gastos do governo em % do PIB de 2050	Gastos do governo em % do PIB de 2013 <b>21,6%</b>	25,4%	Modelo DSGE + SCN <i>f5dom (F)</i>
<b>Investimentos</b>	Investimentos públicos em % do PIB de 2050	Investimentos públicos em % do PIB de 2012 <b>2,2%</b>	2,4%	Modelo DSGE + SCN
<b>Capacidade de investimento</b>	Taxa de investimento (FBCF/PIB) em 2050	Taxa de investimento (FBCF/PIB) em 2013 <b>18,4%</b>	18,4%	Modelo DSGE + SCN <i>x2tot_i (F)</i>
<b>Mobilidade social</b>	Mudança na composição da cesta de consumo das famílias	N/A	N/A	Micro-simulação <i>a3_s (F)</i>
<b>Demografia</b>				
<b>População</b>	População em 2050	População em 2010 <b>195.497.797</b>	226.347.688	IBGE
<b>Crescimento</b>	Crescimento médio anual da população 2010-2050	Crescimento médio anual da população 2000-2010 <b>1,20%</b>	0,37%	IBGE <i>q (F)</i>
<b>Jovens</b>	% de pessoas em idade escolar em 2050	% de pessoas no grupo etário 5-19 anos em 2010 <b>26,2%</b>	14,9%	IBGE
<b>Idosos</b>	% de pessoas acima de 65 anos em 2050	% de pessoas acima de 65 anos em 2010 <b>6,8%</b>	22,6%	IBGE

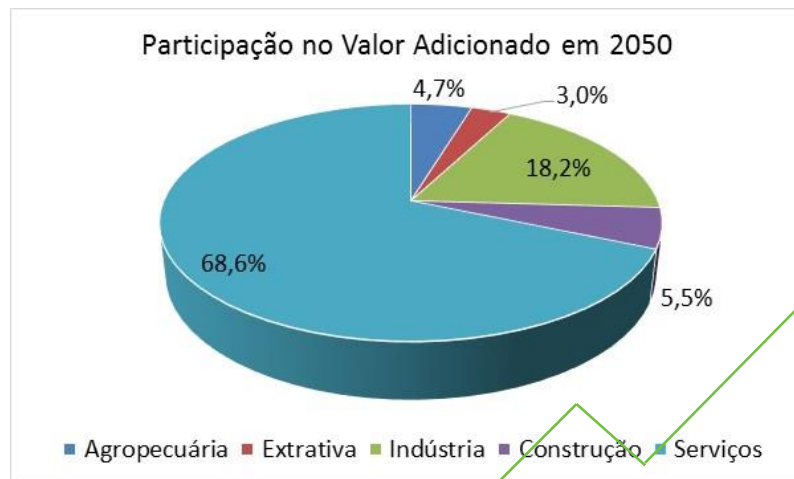
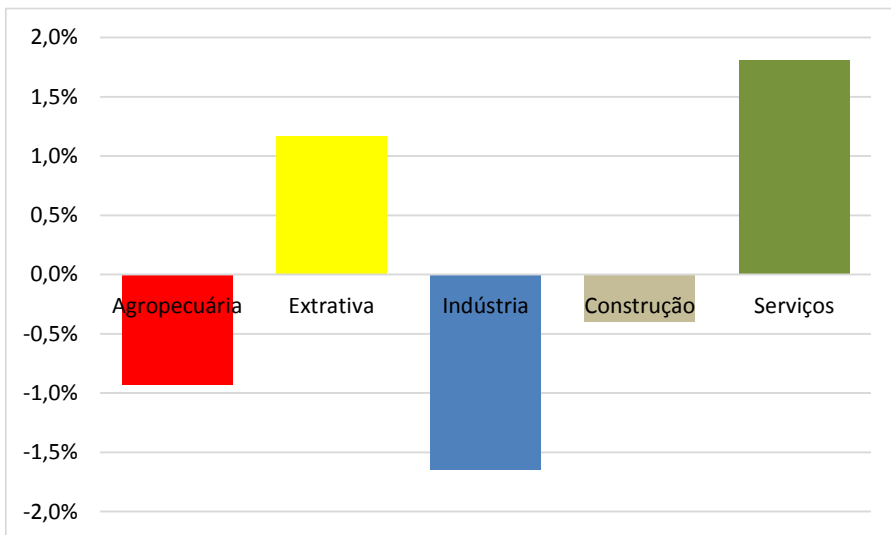
# Quadro síntese

Dimensão	Indicador	Baseline	Cenário Tendencial	Observações operacionais
<b>Energia</b>				
<b>Intensidade</b>	Crescimento médio anual 2012-2050	Crescimento médio anual 1990-2012 <b>0,14%</b>	0%	Aplicar alterações após iterações com o modelo da COPPE <i>a1_s (F)</i>
<b>Energética</b>				
<b>Pré-sal</b>	Produção de petróleo e gás natural (Mbbbl/dia) em 2030	Produção total de petróleo e gás natural (Mbbbl/dia) em dez/2012 <b>2.584</b>	4.878 Mbbbl/dia	Pico de produção (2030) – p50, b30
<b>Transportes</b>	Participação do setor no PIB em 2050	Participação do setor no PIB em 2009 <b>4,80%</b>	3,82%	Redução das margens de transporte (-1%,) <i>a1mar (F)</i>
<b>Estrutura produtiva</b>				
<b>Diversificação</b>	Índice de diversificação em 2050	Índice de diversificação em 2009 <b>89,4</b>	91,8	Soma das participações acumuladas decrescentes [(m+1)/2; m] [55,5; 110]
<b>Qualidade</b>	Participação de produtos de alta/média intensidade tecnológica em 2050	Participação de produtos de alta/média intensidade tecnológica em 2010 <b>12,1%</b>	13,3%	Produtos MIP: 60-70; 78-86
<b>Densidade e conectividade</b>	Multiplicador médio de produção (insumo-produto) em 2050	Multiplicador médio de produção (insumo-produto) em 2009 <b>1,879</b>	1,718	Projeções da MIP com o modelo EFES
<b>Industrialização</b>	Participação da indústria de transformação na estrutura produtiva (% do PIB) em 2050	Participação da indústria de transformação na estrutura produtiva (% do PIB) em 2009 <b>16,65%</b>	15,03%	
<b>Mudança tecnológica</b>	N/A	N/A	Convergência moderada	Estudo com projeções das matrizes dos EUA (BEA) <i>a1_s (F)</i>

## Resultados - Resumo cenário setorial 2010-50

Agregado setorial	Participação no Valor Adicionado		
	2010	2050	2010-2050
Agropecuária	5,6%	4,7%	-0,9%
Extrativa	1,9%	3,0%	1,2%
Indústria	19,8%	18,2%	-1,6%
Construção	5,9%	5,5%	-0,4%
Serviços	66,8%	68,6%	1,8%

Modificação da participação setorial no valor da produção 2010-2050



## Setores mais dinâmicos (var.% média PIB setorial 2010-2050)

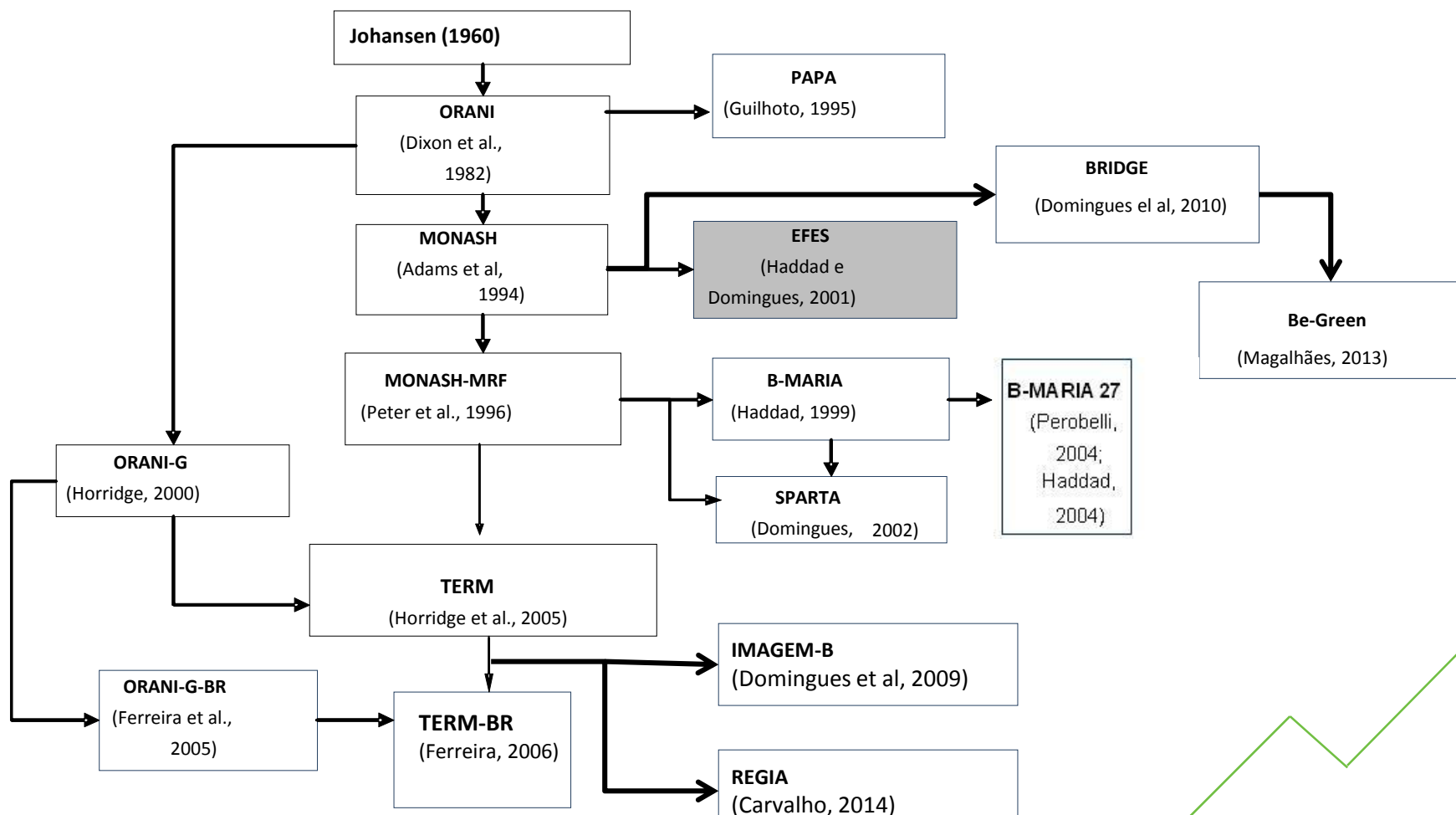
Setor	Média
Educação mercantil	4,89
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	4,64
Outros equipamentos de transporte	4,38
Petróleo e gás natural	4,13
Serviços domésticos	3,80
Saúde mercantil	3,67
Automóveis, camionetas e utilitários	3,44
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	3,21
Caminhões e ônibus	3,05
Peças e acessórios para veículos automotores	2,69
Intermediação financeira e seguros	2,68
Material eletrônico e equipamentos de comunicações	2,56
Serviços de alojamento e alimentação	2,53
Serviços de informação	2,52
Produtos farmacêuticos	2,39
Perfumaria, higiene e limpeza	2,33
Saúde pública	2,30
Educação pública	2,26
Administração pública e seguridade social	2,26
Produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos	2,20
Outros da indústria extrativa	2,15
Produtos químicos	2,14
Produtos e preparados químicos diversos	2,02
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos	2,02
Construção	1,95
Eletrodomésticos	1,95
Cimento	1,94
Fabricação de aço e derivados	1,89

Jornais, revistas, discos	1,87
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	1,83
Pecuária e pesca	1,80
Minério de ferro	1,79
Serviços de manutenção e reparação	1,75
Comércio	1,72
Serviços prestados às empresas	1,72
Refino de petróleo e coque	1,65
Transporte, armazenagem e correio	1,63
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	1,60
Alimentos e Bebidas	1,60
Artigos de borracha e plástico	1,60
Outros produtos de minerais não-metálicos	1,60
Serviços prestados às famílias e associativas	1,59
Celulose e produtos de papel	1,55
Máquinas para escritório e equipamentos de informática	1,52
Artefatos de couro e calçados	1,46
Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana	1,42
Defensivos agrícolas	1,30
Alcool	1,27
Fabricação de resina e elastômeros	1,19
Têxteis	1,19
Metalurgia de metais não-ferrosos	1,15
Serviços imobiliários e aluguel	1,08
Produtos do fumo	1,02
Artigos do vestuário e acessórios	0,04
Móveis e produtos das indústrias diversas	-0,31
Produtos de madeira - exclusive móveis	-0,42

# *Simulação de impactos econômicos dos cenários integrados de baixo carbono*

Apresenta o modelo EFES, e os impactos dos cenários integrados de baixo carbono oriundos dos modelos MESSAGE e OTIMIZAGRO

# 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	$c \times s$	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	$c \times s \times m$	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	n/a
Impostos	$c \times s \times t$	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	n/a
Trabalho	$o$	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					

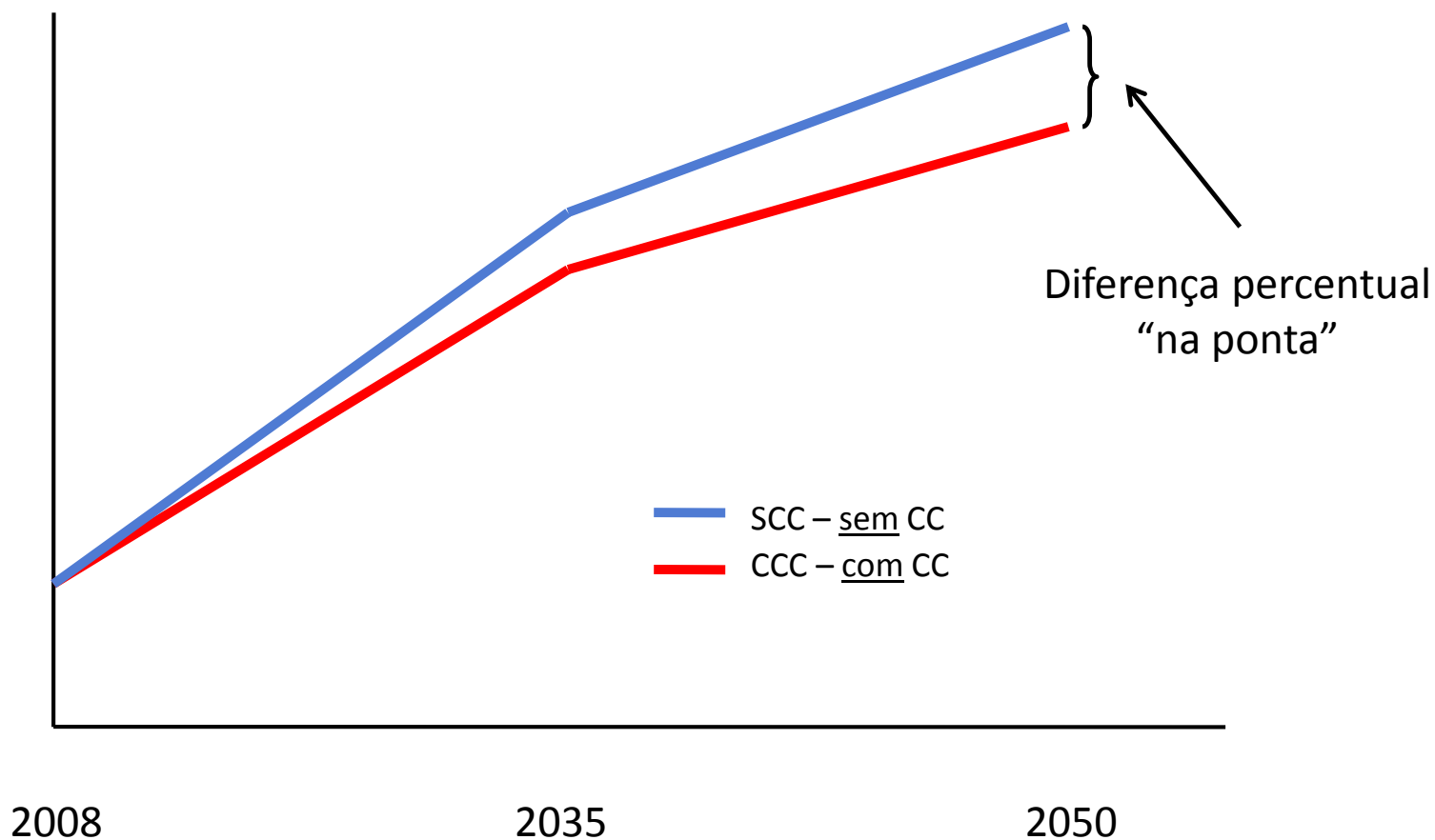
	Matriz de Produção	Tarifas de Importação
Dimensão	<i>i</i>	1
<i>c</i>	MAKE	V0TAR



# *Aplicação do Modelo EFES*

- Construção de um cenário de referência para o período 2010-2050
- E, nesse estágio, o cenário econômico decorrente da adoção de faixas de custo de carbono oriundos dos modelos MESSAGE e OTIMIZAGRO

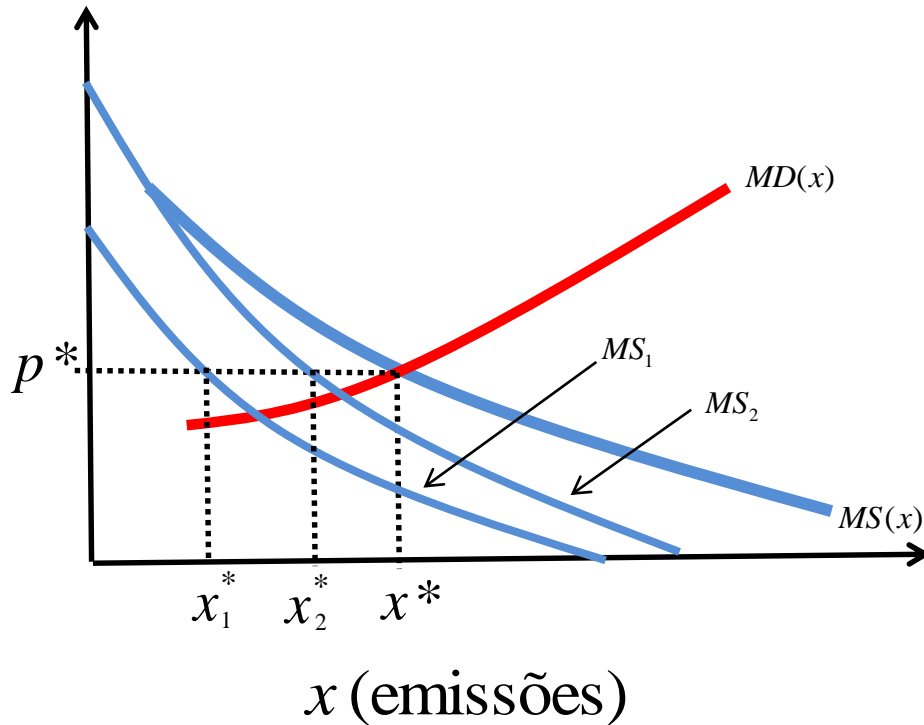
## Aplicação do Modelo EFES



## *Simulação de custo de carbono no cenário base*

- Adaptações no modelo EFES
  - Módulo de custo de carbono e emissões
  - Dados de emissões atualizados com base na Terceira Comunicação Nacional (TCN)
- Faixas de custo de carbono que poderiam ser simuladas:
  - US\$/tCO<sub>2</sub>eq: 0 (valor nulo), 10, 25, 50 e 100
  - Incidem sobre emissões de todos os setores
- Resultados macro e setoriais
  - Cenário Base
  - Cinco cenários de valor de carbono: 0 (nulo), 10, 25, 50 e 100 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub>eq, ora traduzidos em impactos em R\$ (reais)
    - 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).
  - Dados da TCN, e resultados integrados do projeto.
- 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, com 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 CO<sub>2</sub>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\$/tCO<sub>2</sub>eq)
  - E = quantidade de emissões (tCO<sub>2</sub>) 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

- 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

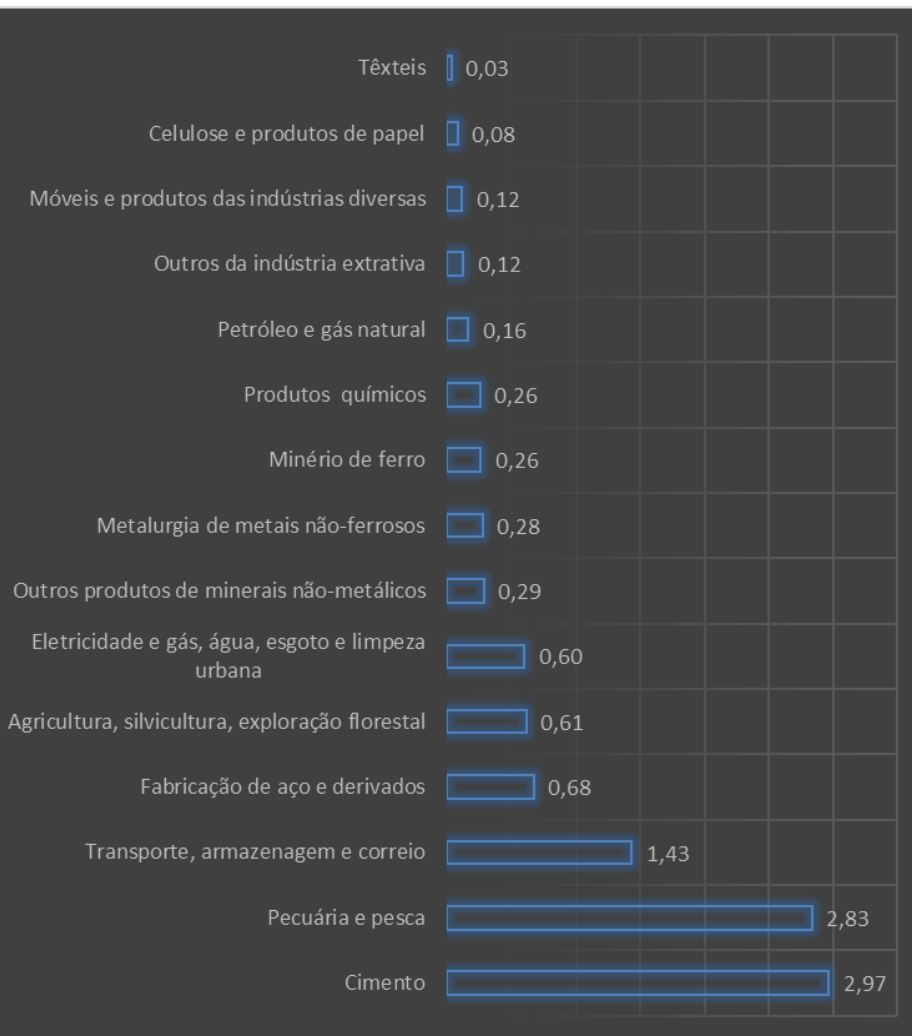
- O impacto setorial **direto** do custo de carbono depende de características técnicas (emissões) e da importância relativa desses custo no setor (em relação a seu VBP)
- Impacto **indireto** em toda a economia via cadeias produtivas (insumos mais caros)

## Coeficiente de Emissões setoriais (tCO<sub>2</sub>eq/mil R\$)

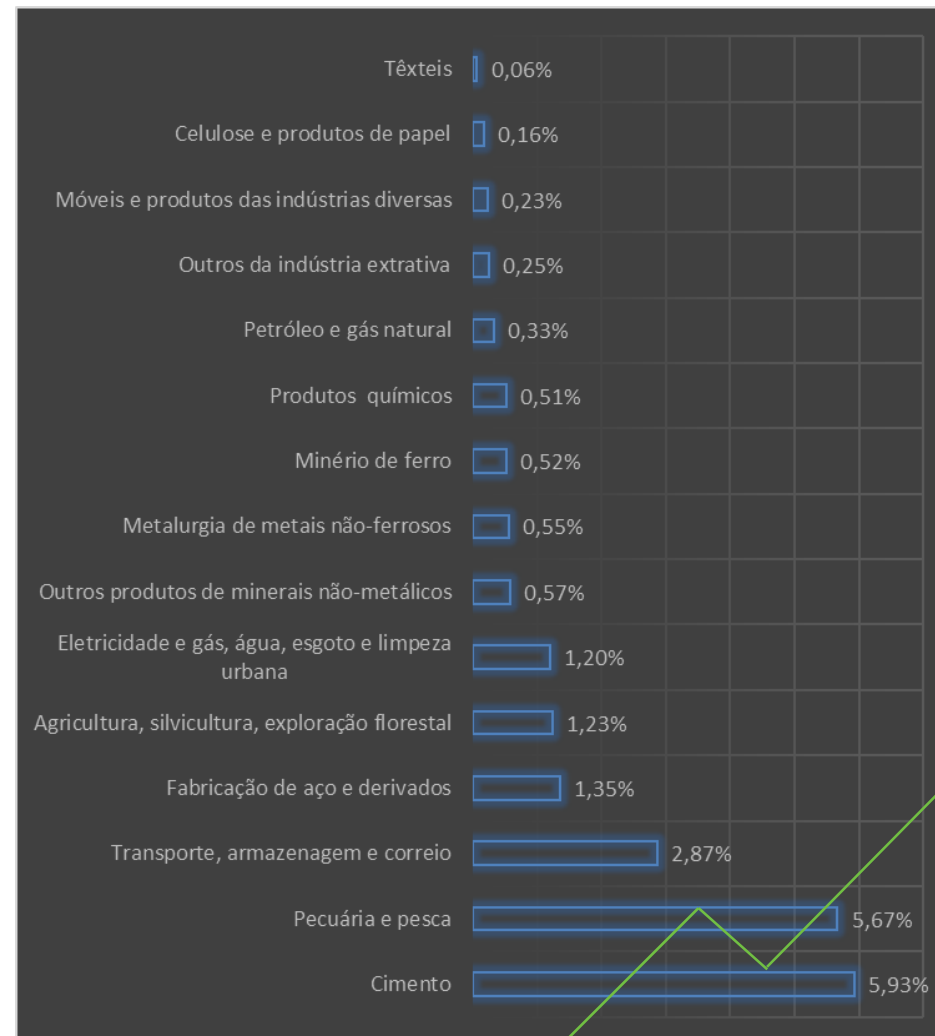


# Custos de carbono

Coeficiente de Emissões setoriais  
(tCO<sub>2</sub>eq/ mil R\$)



Custo setorial de carbono para \$20/tCO<sub>2</sub>eq  
(em % do VBP setorial)



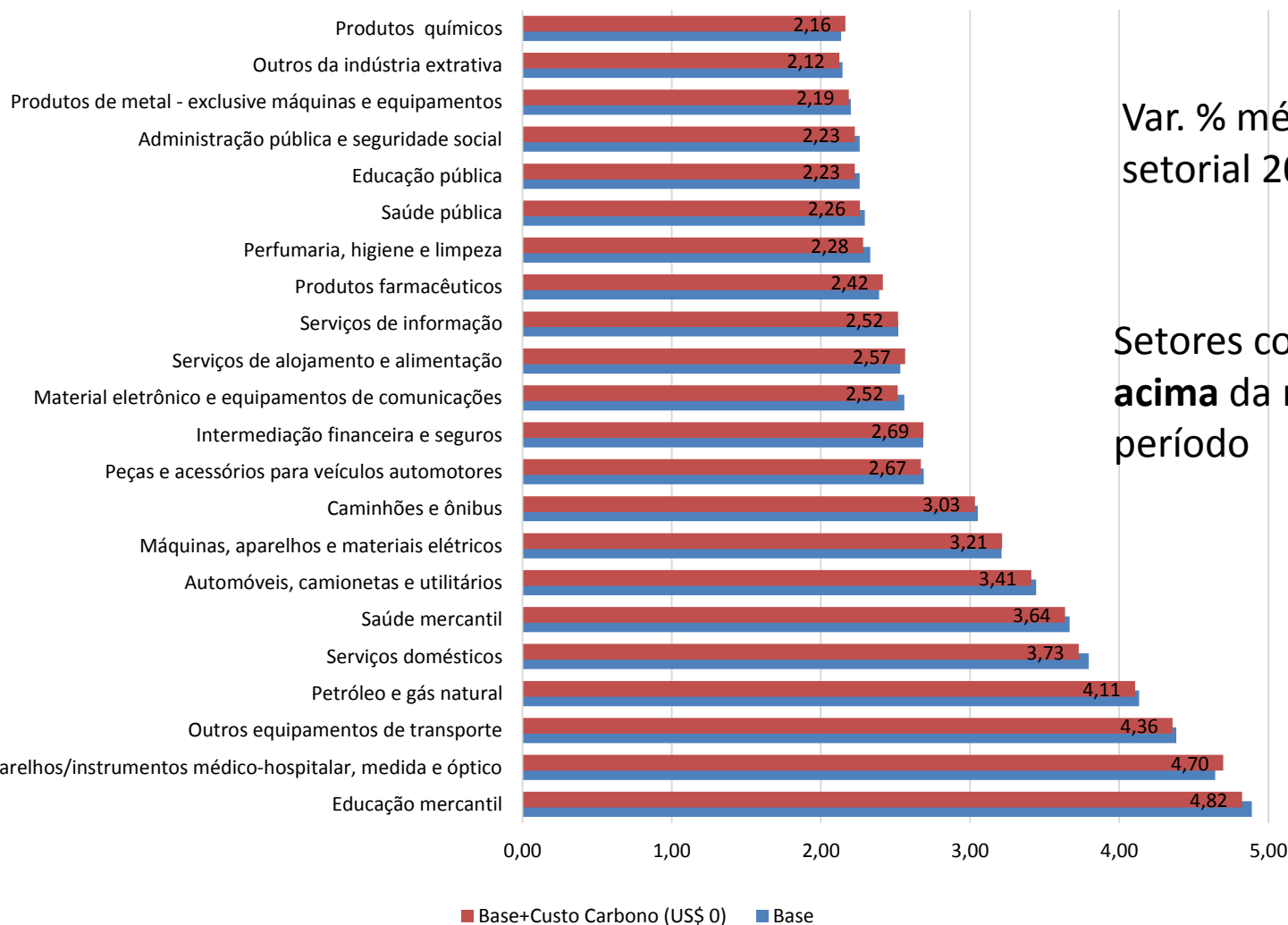


## *Custos de carbono*

- A emissão de atividade modelada como **diretamente proporcional** ao crescimento do setor.
- Não há no modelo inovações tecnológicas **endógenas**, que, por exemplo, permitam menos CO<sub>2</sub> 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).



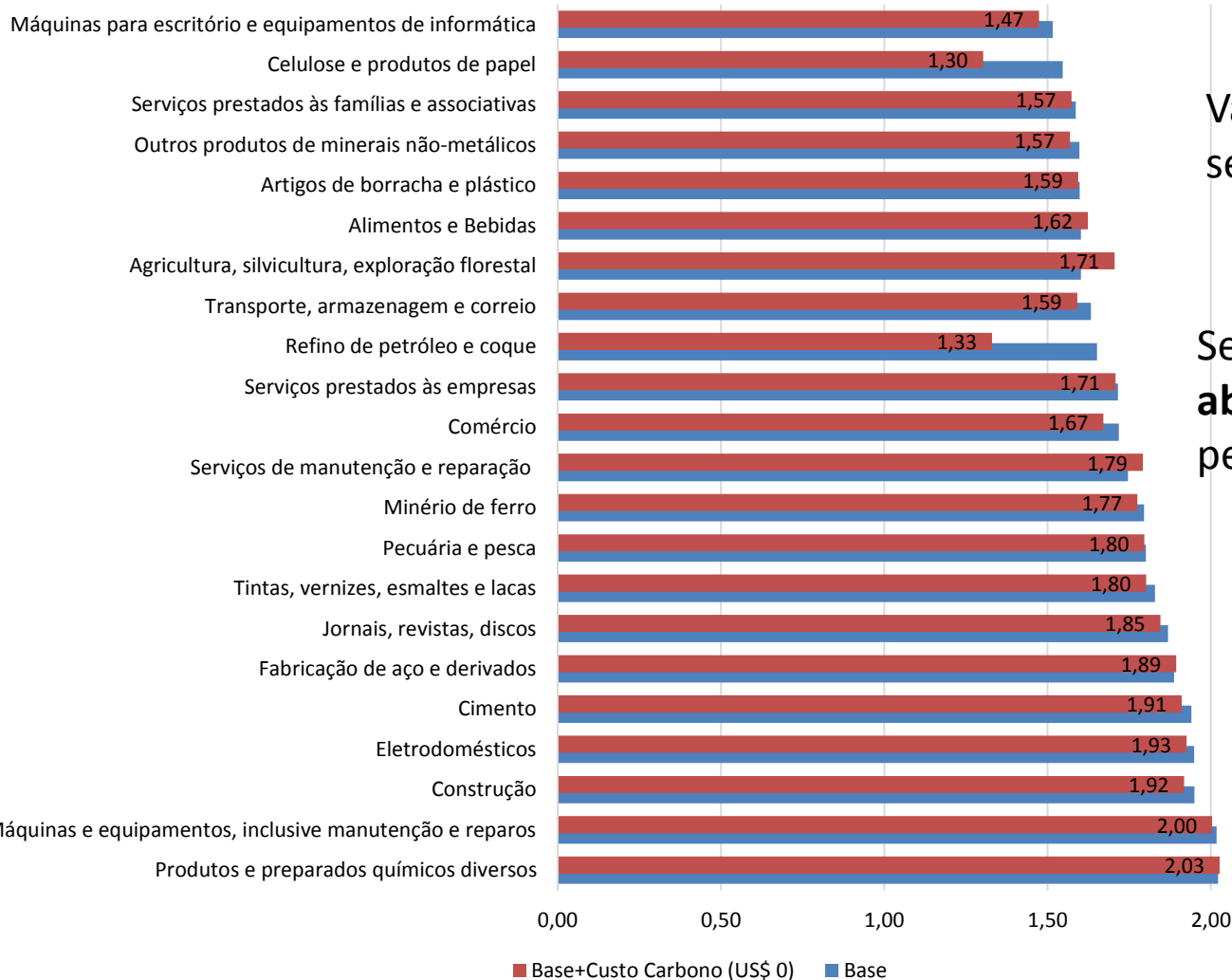
# Cenário base + custo carbono nulo: crescimento setorial



Var. % média a.a. do VA setorial 2010-2050

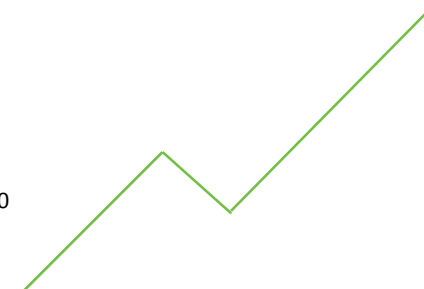
Setores com crescimento acima da média no período

# Cenário base + custo carbono nulo: crescimento setorial



Var. % média a.a. do VA setorial 2010-2050

Setores com crescimento **abaixo** da média no período

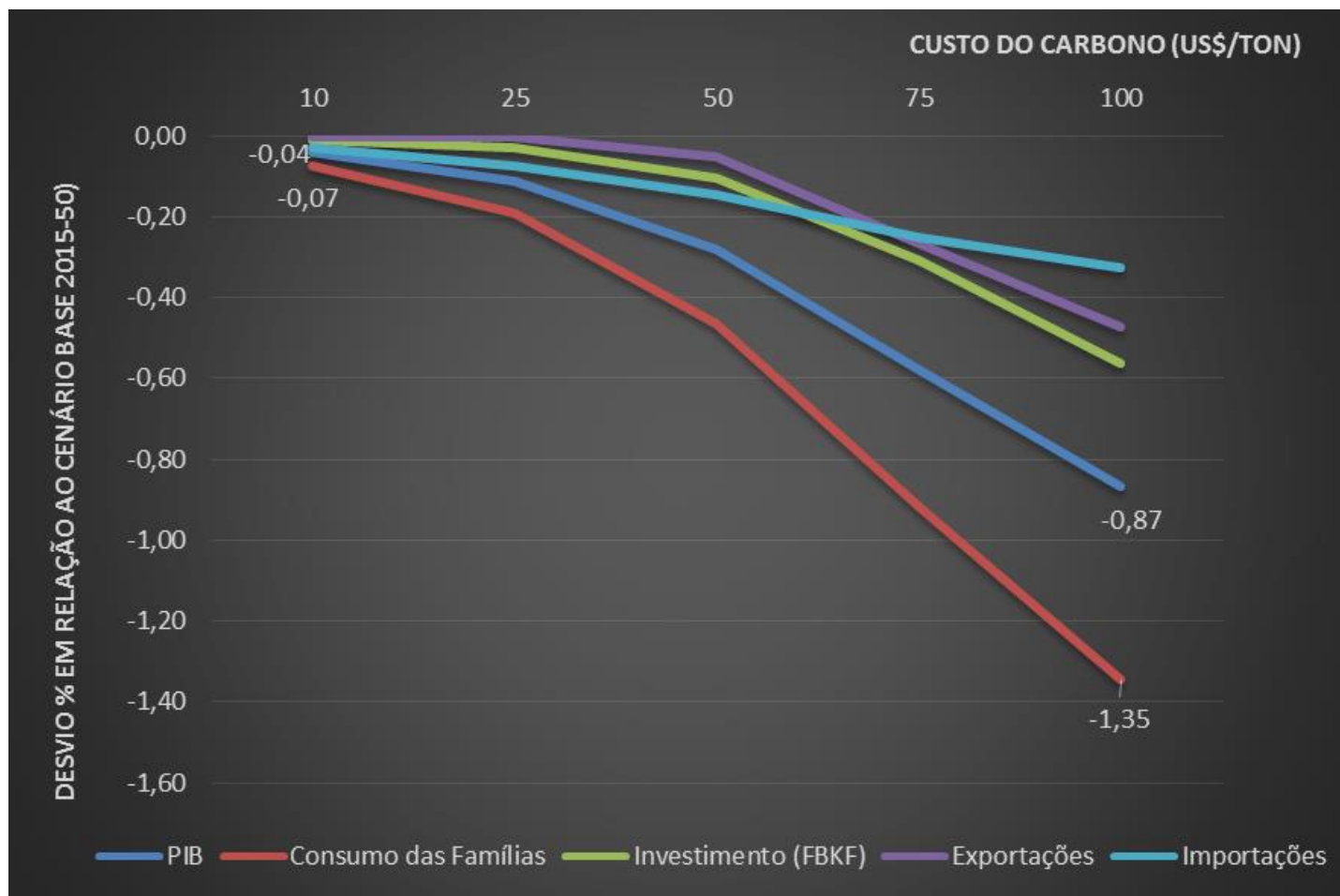


# Custos de carbono: simulações

- Incidência a partir de 2015 (segundo quinquênio do cenário)
- Faixas (US\$/tCO<sub>2</sub>eq)
  - 10, 25, 50 e 100
- Convertido em R\$ e atualizado monetariamente em cada período (valor real do custo ao longo do cenário)
- Variáveis macro endógenas : consumo das famílias, investimento, exportações e importações
- Variáveis macro 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

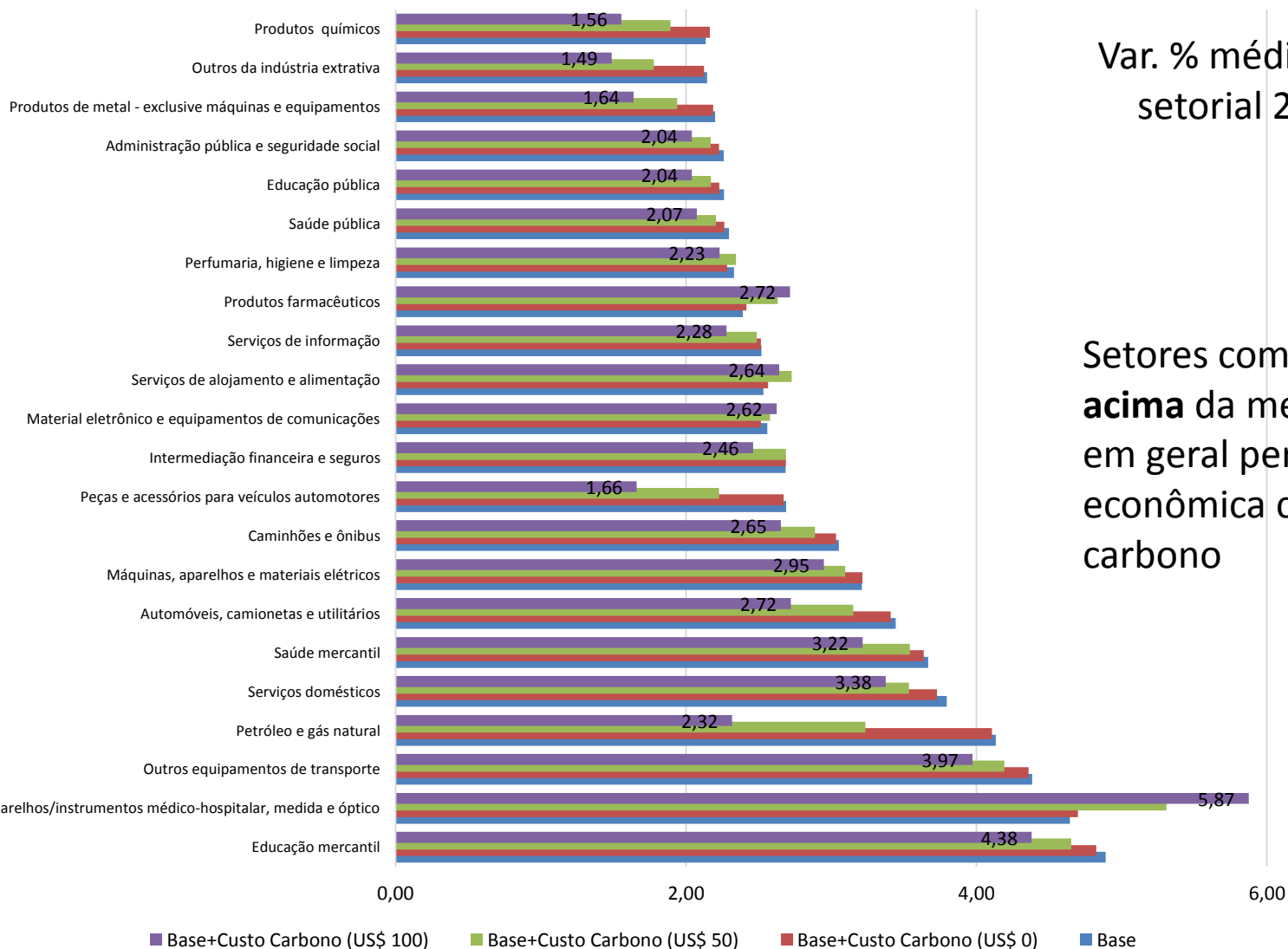
# Impactos econômicos

Desvio % a.a. dos indicadores macroeconômicos com custo de carbono



Custo de carbono tem impacto crescente na economia: custo 10x maior tem impacto 20x maior (no PIB)

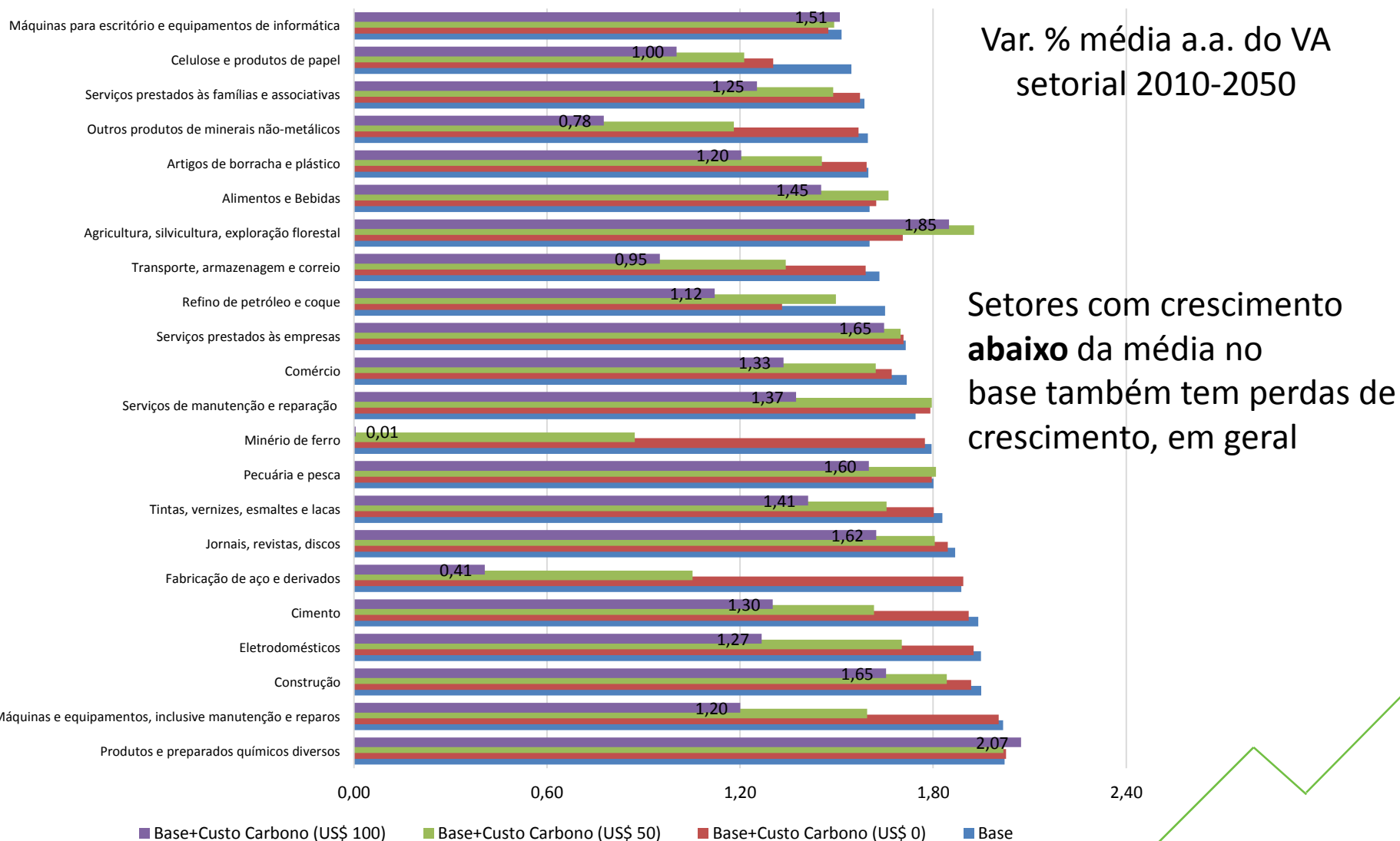
# Cenário base + custos de carbono: crescimento setorial



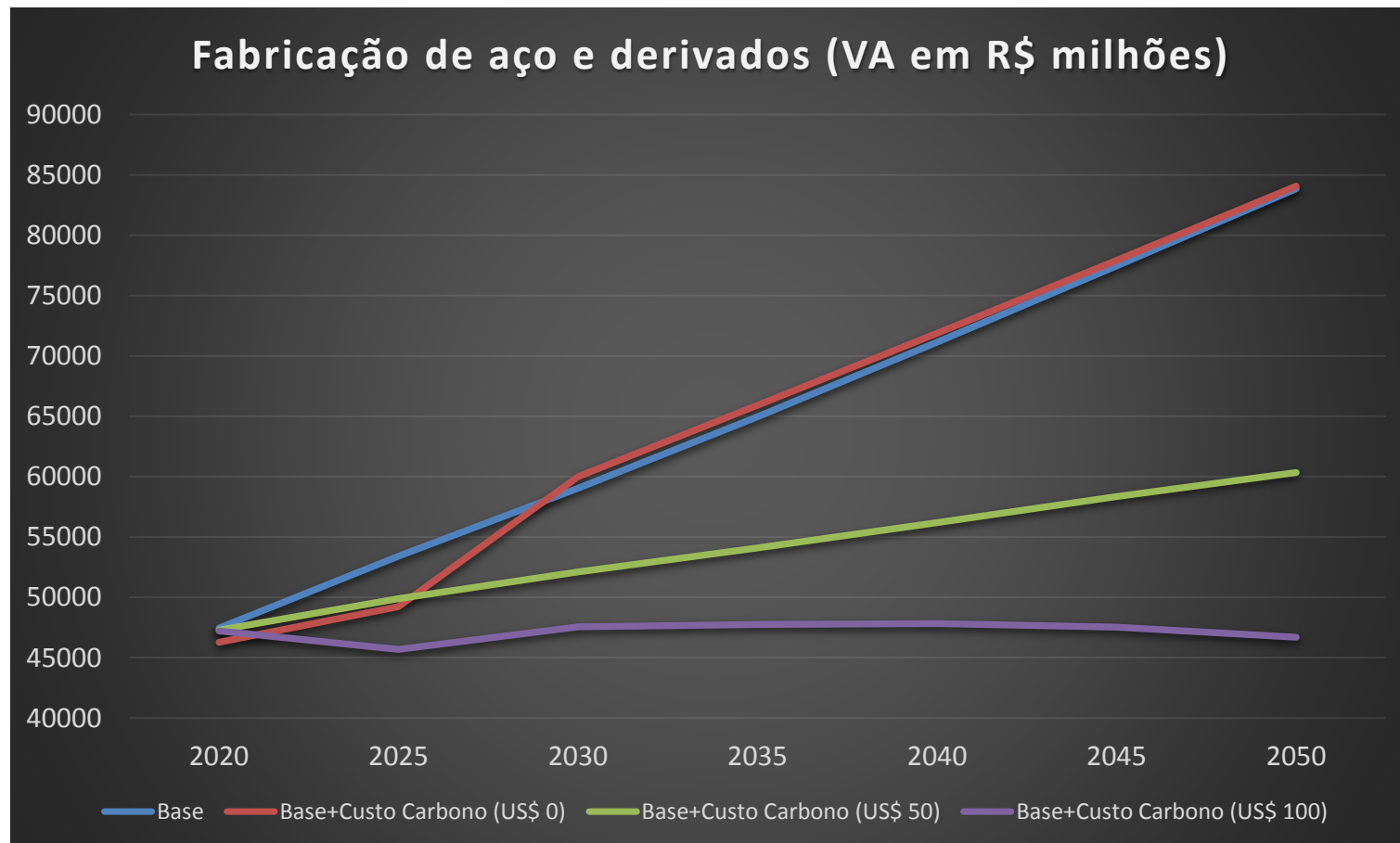
Var. % média a.a. do VA setorial 2010-2050

Setores com crescimento **acima** da média no base tem em geral perda de atividade econômica com o custo de carbono

# Cenário base + custos de carbono: crescimento setorial



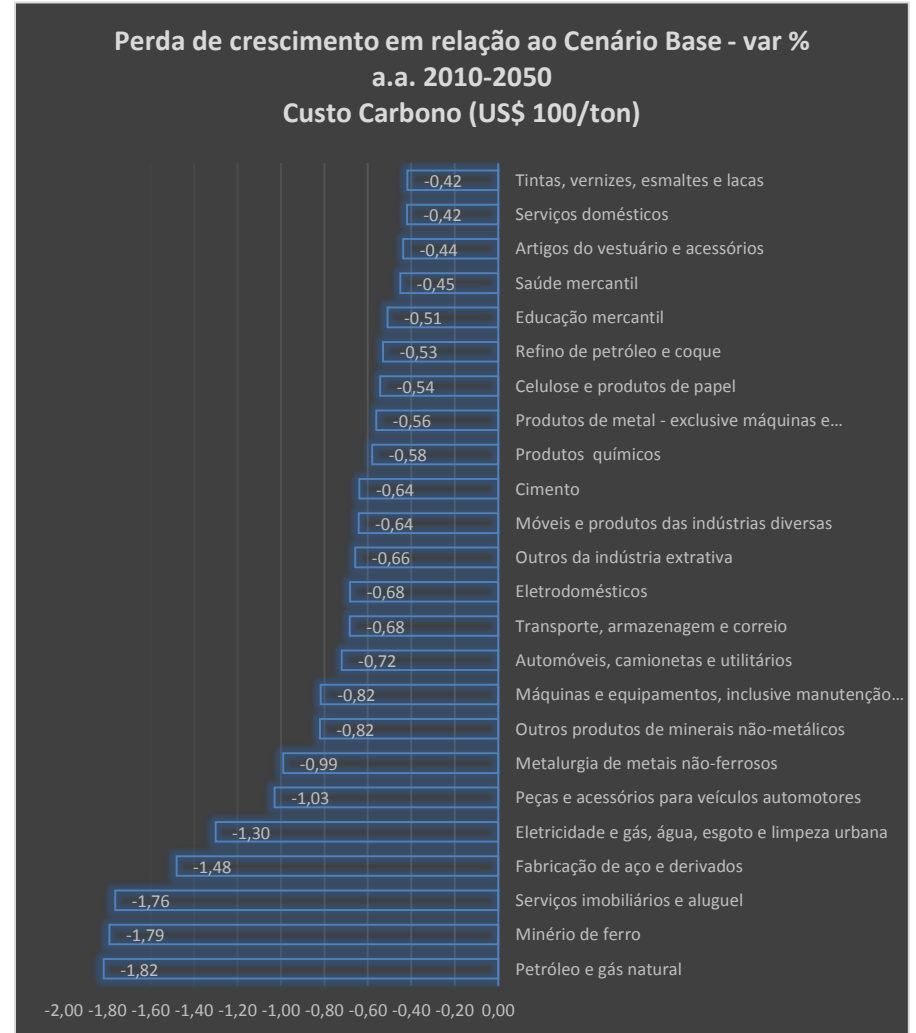
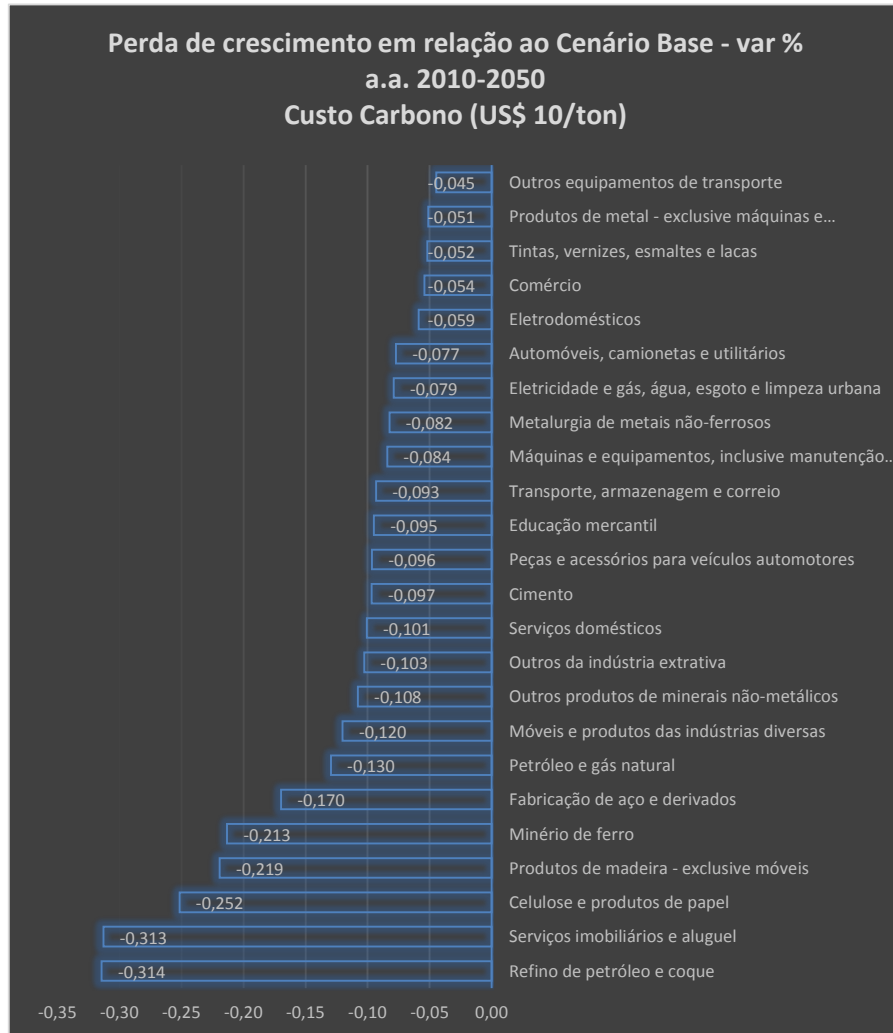
## Cenário base + custos de carbono: crescimento setorial





# Custos de carbono: crescimento setorial

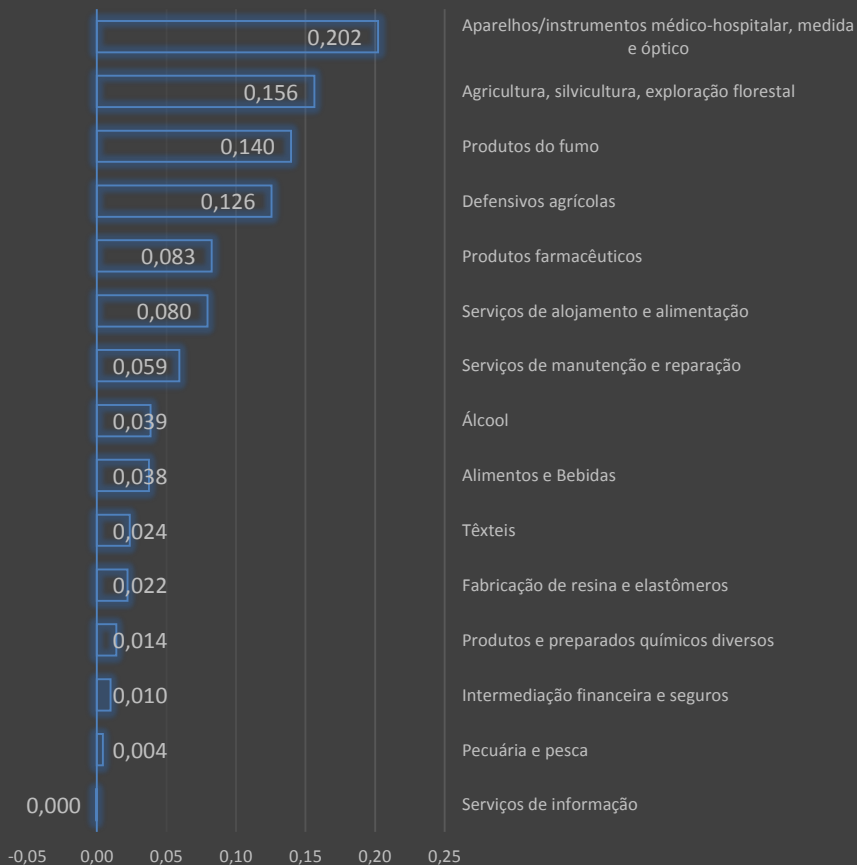
Desvio % VA setorial 2010-2050



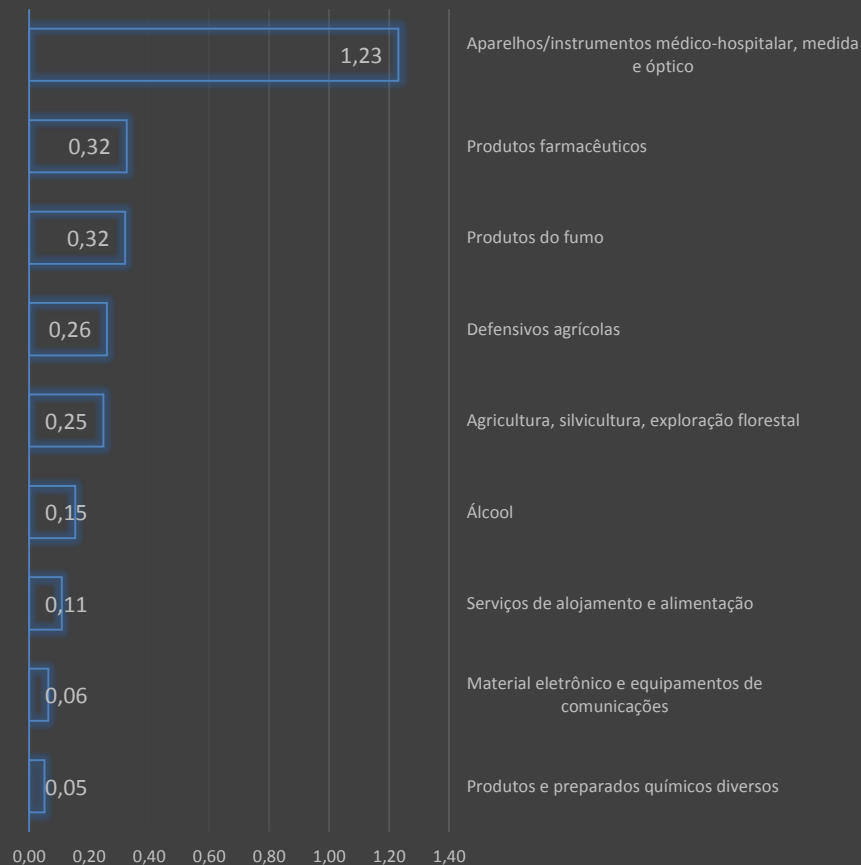
# Custos de carbono: crescimento setorial

Desvio % VA setorial 2010-2050

Ganho de crescimento em relação ao Cenário Base - var  
% a.a. 2010-2050  
Custo Carbono (US\$ 10/ton)



Ganho de crescimento em relação ao Cenário Base - var  
% a.a. 2010-2050  
Custo Carbono (US\$ 100/ton)



# *Conclusões*

---



## *Custos de carbono: principais perdas econômicas (comparado ao cenário base)*

- Os impactos acumulados em termos de redução do PIB são projetados em R\$ 131,6 bilhões até 2030, e R\$ 100,8 bilhões até 2050 no caso do custo nulo de carbono.
- No caso do custo de carbono de US\$100/ton, as perdas acumuladas em termos de redução do PIB são projetadas em R\$ 441,9 bilhões até 2030 e R\$ 1.554,4 bilhões até 2050.
  - É importante destacar que não foram avaliados efeitos decorrentes da adoção de mecanismos de mercado, que serão objeto de análise do projeto PMR-Banco Mundial, do Ministério da Fazenda. Essa análise, certamente, levará à conclusão de que os impactos negativos poderiam ser minimizados, e pontualmente poderiam até mesmo trazer ganhos econômicos em setores da economia.

## *Custos de carbono: principais perdas econômicas (comparado ao cenário base)*

- Custo nulo de carbono:
  - Considerando o horizonte de tempo até 2030 os setores que mais perdem nível de atividade são Refino de petróleo e coque (-0,66% a.a.) e Produtos de madeira (-0,54% a.a.)
  - Considerando o horizonte de tempo até 2050 os setores que mais perdem são Refino de petróleo e coque (-0,32% a.a.) e Papel e celulose (-0,24% a.a.)
- Custo de carbono de US\$100/ton :
  - Considerando o horizonte de tempo até 2030 os setores que mais perdem nível de atividade são Petróleo e gás natural (-1,87% a.a.) e Minério de ferro (-1,51% a.a.)
  - Considerando o horizonte de tempo até 2050 os mesmos setores do período anterior são os mais negativamente impactados (Petróleo e gás natural: -1,82% a.a.; Minério de ferro : -1,79% a.a.)

# Atividades futuras: Implementação de novo cenário econômico

- Cenários baseados em projeções macroeconômicas de maio/2015.
  - Fase de implementação de novos cenários baseados em projeções macroeconômicas de abril/2016.
- Ajustes necessários com relação às premissas para a previsão da trajetória das variáveis macroeconômicas dada a conjuntura econômica do país (efeitos da crise)
- Exemplos:
  - Política Fiscal e Monetária
    - Superávit primário
    - Dívida pública
    - Estrutura tributária (investimento e produtividade)
    - Taxa de juros e inflação (custos)
  - Setor externo
    - Preço das *commodities*

***OBRIGADO***

*weslem.faria@ufjf.edu.br*

