

29 de setembro de 2017

Workshop estratégico CTBE



RenovaBio

Modelagem para o ciclo Otto

Luciano Rodrigues
ESALQ/USP – UNICA



CONSIDERAÇÕES INICIAIS

- ✓ Vários estudos sobre a demanda por combustíveis leves no Brasil e em outros países
 - Centenas de papers avaliaram o tema em outros países (vasta literatura internacional)
 - Comportamento dos proprietários de veículos flex no mercado brasileiro
 - *Internacional* - Santos (2013), Salvo e Huse (2013), Freitas e Kaneko (2011), Alves and Bueno (2003)
 - *Nacional* - Burnquist e Bacchi (2002), Roppa (2005), Nappo (2007), Schuneman (2007), Silva et al. (2009), Farina et al. (2010), Serigati et al. (2010), Fernandes et al. (2012), Diehl (2012), Cardoso e Bittencourt (2013), Orellano et al. (2014)
 - Análise da demanda nacional do ciclo Otto
 - *Rodrigues, L.; Bacchi, M. R. P. Light fuel demand and public policies in Brazil, 2003-2013. Applied Economics, v. 48, p. 5300-5313, 2016*
 - *Rodrigues, L.; Bacchi, M. R. P. Analyzing light fuel demand elasticities in Brazil using cointegration techniques. Energy Economics, v. 63, p. 322-331, 2017*



CONSIDERAÇÕES INICIAIS

PREMISSAS

1. MODELO CONCEITUAL

2. MODELO EMPÍRICO

- Equilíbrio parcial
- Estimativa das equações: estatística, econometria e relações contábeis

RESULTADOS

- Consumo ciclo Otto
- Consumo de gasolina
- Consumo de hidratado
- % veículos flex usando etanol
- Preços de bomba, etc.

PREÇOS

- Preço regional da gasolina (*preço petróleo, margem de refino*)
- Margem de comercialização
- Preço do etanol que viabilizaria a ampliação da oferta

MISTURA

- Nível de adição do renovável no combustível fóssil

VEÍCULOS e MOTOCICLETAS

- Vendas de veículos novos
- Vendas de motocicletas novas
- % modelos flex
- Novas tecnologias automotivas
- Ganho de eficiência no consumo (*por veículo, uso compartilhado, etc.*)

TRIBUTOS

- Tributos federais sobre etanol
- Tributos federais sobre gasolina
- Tributos estaduais sobre etanol
- Tributos estaduais sobre gasolina

MACRO

- Variação da renda doméstica
- Crescimento da população
- Inflação
- Câmbio

EMISSÕES

- Nível médio de emissões do etanol (*anidro e hidratado*)
- Nível médio de emissões da gasolina

META DE DESCARBONIZAÇÃO

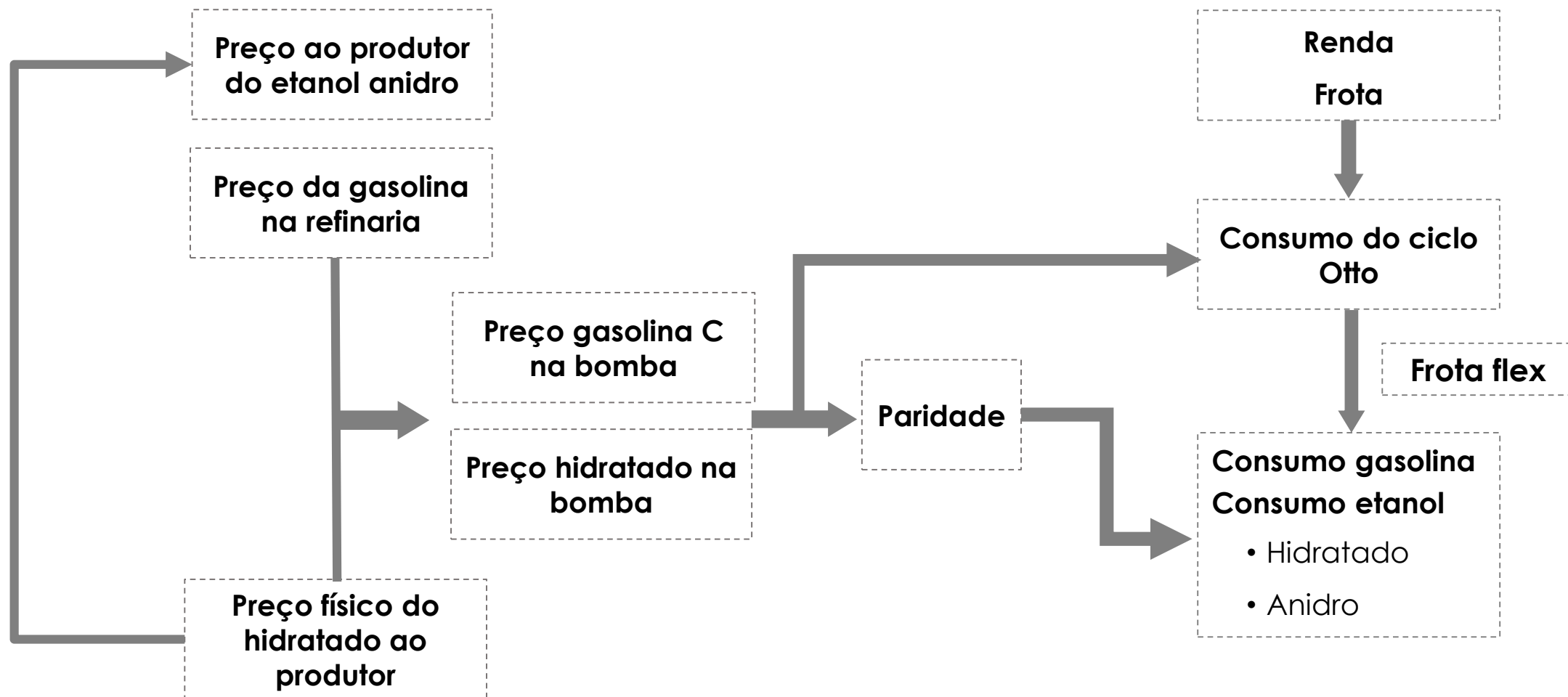
- Definição do nível máximo de emissões em cada ano ($\text{gCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$)

! Variável sob controle do agente regulador !



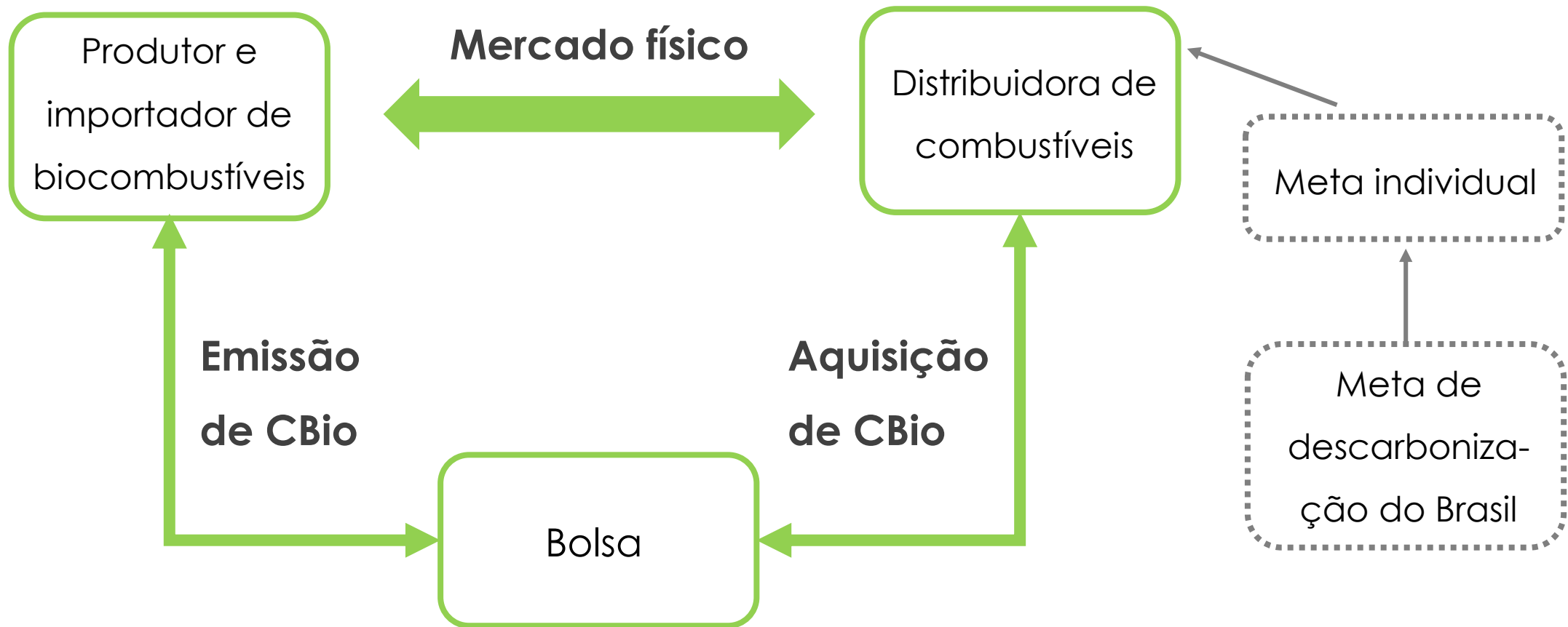
EXEMPLO DA DINÂMICA NO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS

SEM RENOVABIO



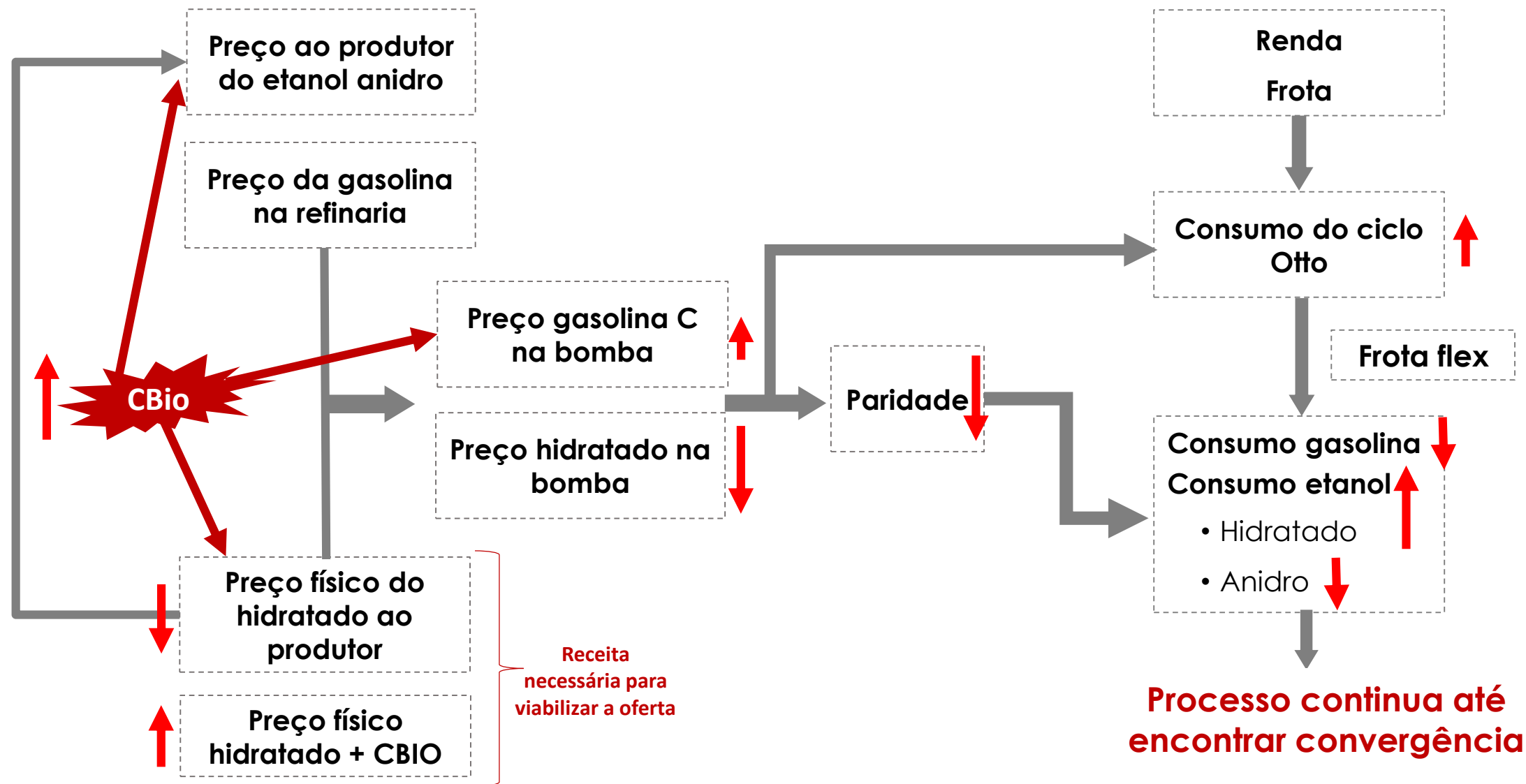


ALTERAÇÕES PROMOVIDAS PELO RENOVABIO





EXEMPLO DA DINÂMICA NO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS – CONSIDERANDO OFERTA EXÓGENA E PERFEITAMENTE ELÁSTICA



ESPECIFICAÇÃO DO MODELO EMPÍRICO



(parte 1)

Preço anidro ao
produtor (P_{AP})

$$P_{AP_i} = P_{AP_i}(P_{HP_i}, I_{AP_i}, CBio) \text{ equação 1}$$

em que I_{AP_i} refere-se aos impostos sobre o anidro e $CBio$ ao preço do $CBio$

$$\frac{\partial P_{AP}}{\partial P_{HP}} > 0 \quad \frac{\partial P_{AP}}{\partial I_{AP_i}} > 0 \quad \frac{\partial P_{AP}}{\partial CBio} < 0$$

Preço gasolina A
na refinaria (P_{GR})

$$P_{GB_i} = P_{GB_i}(P_{AP_i}, P_{GR_i}, M_A, M_{GB_i}, I_{GB_i}, CBio,) \text{ equação 2}$$

em que M_A é o nível de mistura em lei, M_{GB_i} é a margem bruta de comercialização da gasolina, e I_{GB_i} são os impostos sobre a gasolina

$$\begin{aligned} \frac{\partial P_{GB}}{\partial P_{GR}} &> 0 & \frac{\partial P_{GB}}{\partial P_{AP}} &> 0 & \frac{\partial P_{GB}}{\partial CBio} &> 0 \\ \frac{\partial P_{GB}}{\partial M_A} &< 0 & \frac{\partial P_{GB}}{\partial M_{GB_i}} &> 0 \end{aligned}$$

Preço gasolina
C na bomba (P_{GB})

Preço hidratado
na bomba (P_{HB})

$$P_{HB_i} = P_{HB_i}(P_{HP_i}, I_{HB_i}, CBio, M_{HB_i}) \text{ eq. 3}$$

em que I_{HB_i} refere-se aos impostos sobre o hidratado, M_{HB_i} à margem bruta de comercialização do hidratado

$$\frac{\partial P_{HB}}{\partial P_{HP}} > 0 \quad \frac{\partial P_{HB}}{\partial I_{HB}} > 0 \quad \frac{\partial P_{HB}}{\partial Cbio} < 0$$

Preço hidratado ao
produtor (P_{HP})

Paridade de preços na
bomba (P_{EG})

$$P_{EG_i} = P_{EG_i}(P_{HB_i}, P_{GB_i}) \text{ eq. 4}$$

$$\frac{\partial P_{EG}}{\partial P_{HB}} > 0 \quad \frac{\partial P_{EG}}{\partial P_{GB}} < 0$$

■ Variável exógena

■ Variável endógena (preço)

■ Variável endógena (consumo)

com $i = 1, 2, \dots, 13$ regiões do País



(parte 2)

Consumo de combustíveis do ciclo Otto (C_{OT})

$$C_{OT_i} = C_{OT_i}(F_{Ti}, X_i, IP_{Bi}, Ef) \quad \text{equação 5}$$

em que:

F_T = frota total (de veículos e motocicletas, de todos os tipos de combustíveis)

X_i = renda disponível

IP_B = preço médio ao consumidor dos combustíveis do ciclo Otto (etanol, anidro e hidratado, e gasolina)

Ef = eficiência energética no consumo

$$\frac{\partial C_{OT}}{\partial F_T} > 0 \quad \frac{\partial C_{OT}}{\partial X} > 0$$

$$\frac{\partial C_{OT}}{\partial IP_B} < 0$$

$$IP_{Bi} = IP_{Bi}(C_{GCi}, C_{Hi}, C_{GNVi}, P_{GNVi}, P_{HBi}, P_{GBi}) \quad \text{equação 6}$$

em que:

C_{GC} = consumo de gasolina C

C_H = consumo de etanol hidratado

C_{GNV} = consumo de GNV

P_{GNV} = preço do GNV na bomba

■ Variável exógena

■ Variável endógena (preço)

■ Variável endógena (consumo)

com $i = 1, 2, \dots, 13$ regiões do País

ESPECIFICAÇÃO DO MODELO EMPÍRICO



(parte 3)

Consumo de GNV
(C_{GNV})

Exógeno

$$C_{Hi} = C_{Hi}(SF_{ffvi}, P_{EGi}) \quad \text{equação 8}$$

em que SF_{ffv} é a participação da frota flex fuel sobre a frota total (de veículos e de motocicletas, de todos os tipos de combustíveis)

Consumo de etanol
hidratado
(C_H)

$$\frac{\partial C_H}{\partial SF_{ffv}} > 0 \quad \frac{\partial C_H}{\partial P_{EG}} < 0$$

Consumo de etanol anidro (C_A)

$$C_{Ai} = C_{Ai}(M_A, C_{Gci}) \quad \text{equação 7}$$

em que M_A = nível de mistura

$$\frac{\partial C_A}{\partial M_A} > 0 \quad \frac{\partial C_A}{\partial C_{GC}} > 0$$

Consumo de
gasolina C (C_{GC})

$$C_{Gci} = C_{OTi} - (C_{Hi} * 0,7) - C_{GNVi} \quad \text{equação 9}$$

Consumo de
gasolina A (C_{GA})

$$C_{GAi} = C_{Gci} - C_{Ai} \quad \text{equação 10}$$



Variável exógena



Variável endógena (preço)



Variável endógena (consumo)

com $i = 1, 2, \dots, 13$ regiões do País



PACOTES COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

- Estimativas econométricas foram obtidas com o uso dos seguintes softwares



- Para O fechamento do modelo dinâmico de equilíbrio parcial, foi utilizado um **sistema de otimização não linear** segundo o qual o preço do CBio varia gradativamente até que o nível de emissões (dado pelo volume consumido de cada combustível do ciclo Otto e os respectivos coeficientes de emissões) se iguale à meta de descarbonização em cada ano.

$$\text{Minimizar } \sum_{t=2019}^{2030} \left[ME_t - \left(\frac{CE_{it} * C_{it}(CBio_t)}{\sum_{i=1}^n C_{it}(CBio_t)} \right) \right]^2 \quad \text{Sujeito a } CBio_t \geq 0$$

- ✓ ME_t = meta de descarbonização no ano t , em $gCO_{2eq.}/MJ$
- ✓ CE_{it} = coeficiente médio de emissões do combustível i no ano t , em $gCO_{2eq.}/MJ$
- ✓ C_{it} = consumo do combustível i no ano t , em m^3
- ✓ $CBio_i$ = preço do CBio no ano t , em R\$/unidade



REGIONALIZAÇÃO DO MODELO

Para essa versão do modelo, o mercado brasileiro foi dividido em 13 regiões:

1. São Paulo
2. Paraná
3. Minas Gerais
4. Goiás
5. Mato Grosso
6. Mato Grosso do Sul
7. Pernambuco
8. Paraíba
9. Alagoas
10. Santa Catarina e Rio Grande do Sul
11. Região Norte
12. Outros estados do Nordeste
13. Outros estados do Centro-Sul (RJ, ES e DF)



Para cada uma dessas 13 regiões foram estruturadas/estimadas 10 equações distintas, especificadas nos próximos slides



EXEMPLOS DE ELASTICIDADES ESTIMADAS PARA CADA REGIÃO

Elasticidades preço da demanda do ciclo Otto estimadas para as 13 regiões/Estados

Estado/ região	Elasticidade	Estado/ região	Elasticidade	Estado/ região	Elasticidade
Sul		Centro-Oeste		Nordeste	
SC e RS	-0,328	MS	-0,144	PE	-0,355
PR	-0,197	MT	-0,161	PB	-0,191
Sudeste		GO	-0,222	AL	-0,596
SP	-0,195	Norte	-0,321	Outros	-0,210
MG	-0,259				
RJ, ES e DF	-0,208				

Essas elasticidades foram obtidas a partir das equações de demanda do ciclo Otto, estimadas para cada região/Estado. Relacionam a variação % no consumo do ciclo Otto (Q) em resposta a oscilação % dos preços dos combustíveis (P).

$$\text{Elasticidade} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta P}{P}}$$



Aperfeiçoamento da ferramenta para debate das metas quando do processo de regulamentação do RenovaBio

Realizado

PREMISSAS

1. Renda
2. Impostos federais e estaduais
3. Preço da gasolina
4. Evolução da frota
5. Indicadores macros
6. Ganho eficiência energética etc.

1. **MODELO CONCEITUAL**

2. **MODELO EMPÍRICO**

- Equilíbrio parcial
- Estimativa equações: estatística, econometria e relações contábeis

RESULTADOS

- Demanda ciclo Otto
- Demanda por gasolina
- Demanda por hidratado
- % veículos flex usando etanol
- Preços de bomba, etc.

A ser
realizado

1. Intensificar testes de consistência
2. Incorporar elementos endógenos na oferta
3. Agregar ciclo Otto, ciclo Diesel e demais biocombustíveis
4. Agregar secundários impactos em outros setores

SIMULAÇÕES E DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS

Quantificar, temporal e regionalmente, impactos de alterações nas premissas sobre o consumo e preço dos combustíveis, emissões, valor do CBio, inflação, etc.



RenovaBio

OBRIGADO



Referências Bibliográficas

➤ Literatura sobre o mercado brasileiro de combustíveis leves

✓ Comportamento do proprietário de veículos flex

▪ Internacional

- Alves, D. C. O., R. L. S. Bueno. *Short-Run, Long-Run and Cross Elasticities of Gasoline Demand in Brazil*. Energy Economics, v. 25, p. 191–199, 2003
- Freitas, L. C., S. Kaneko. Ethanol Demand under the Flex-Fuel Technology Regime in Brazil. Energy Economics, v. 33, p. 1146–1154, 2011
- Salvo, A., C. Huse. 2013. *Build It, but Will They Come? Evidence from Consumer Choice between Gasoline and Sugarcane Ethanol*. Journal of Environmental Economics and Management, v. 66, p. 251–279, 2013
- Santos, G. F. 2013. *Fuel Demand in Brazil in a Dynamic Panel Data Approach*. Energy Economics, v. 36, p. 229–240, 2012

▪ Nacional

- Burnquist, H.L., M.R.P. Bacchi. A demanda por gasolina no Brasil: uma análise utilizando técnicas de co-integração. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Passo Fundo, 2002



Referências Bibliográficas

➤ Literatura sobre o mercado brasileiro de combustíveis leves

✓ Comportamento do proprietário de veículos flex

▪ Nacional (continuação)

- Cardoso L.C.B., M.V.L. Bittencourt. Mensuração das elasticidades-preço da demanda, cruzada e renda no mercado de etanol brasileiro: um estudo usando painéis cointegrados. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51 (4), 2013
- Diehl, D. Formação do preço de etanol hidratado no Estado de São Paulo e sua relação com os mercados de açúcar e de gasolina. Tese doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012
- Farina, E.M.M.Q., C. Viegas; P. Pereda, C. Garcia. Mercado e concorrência do etanol, In: Etanol e bioeletricidade, a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética, E. Leão e I.de C. Macedo, org. Luc Projetos de Comunicação, p.154-189, São Paulo, 2010
- Fernandes, R.A.S.F., C.M. dos Santos, S.L. Peixoto. Determinantes da demanda de gasolina C no Estado de Minas Gerais, 2002 a 2010. Revista de Economia e Agronegócio, v. 10(1), p. 109–128, 2012
- Nappo, M. A demanda por gasolina no Brasil: uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicomcombustível. Diss., Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007
- Roppa, B.F. Evolução do consumo de gasolina no Brasil e suas elasticidades: 1973 a 2003. Tech. Report, Instituto de Economia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005
- Schunemann, L. A demanda de gasolina automotiva no Brasil: o impacto nas elasticidades de curto e longo prazo da expansão do GNV e dos carros flex. Diss., Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais, 2007



Referências Bibliográficas

➤ Literatura sobre o mercado brasileiro de combustíveis leves

✓ Comportamento do proprietário de veículos flex

▪ **Nacional (continuação)**

- Serigati, F.C.; Correia, L.B.; Perosa, B.B. O impacto dos veículos flex-fuel sobre o mercado de combustíveis no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, Campo Grande, 2010
- Silva, G.F. Da, G.F. Tiryaki, L.A.M. Pontes. The impact of a growing ethanol market on the demand elasticity for gasoline in Brazil. In: Annual International Association for Energy Economics Conference, v. 32, Anais... San Francisco: USAEE, San Francisco, 2009
- Orellano, V.F., A.D.N. de Souza, P.F. de Azevedo. Elasticidade-preço da demanda por etanol no Brasil: como renda e preços relativos explicam diferenças entre estados. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 51(4), p. 699-718, 2013

✓ Análise demanda do ciclo Otto

- Rodrigues, L.; Bacchi, M. R. P. *Light fuel demand and public policies in Brazil, 2003-2013*. Applied Economics, v. 48, p. 5300-5313, 2016
- Rodrigues, L.; Bacchi, M. R. P. *Analyzing light fuel demand elasticities in Brazil using cointegration techniques*. Energy Economics, v. 63, p. 322-331, 2017