



Ministério de
Minas e Energia



Fotos: UNICA, ABIOVE e GRANBIO.

Política Nacional de Biocombustíveis
Lei nº 13.576/17

Modelo de análise de metas de redução de emissões

Abrangência do RenovaBio

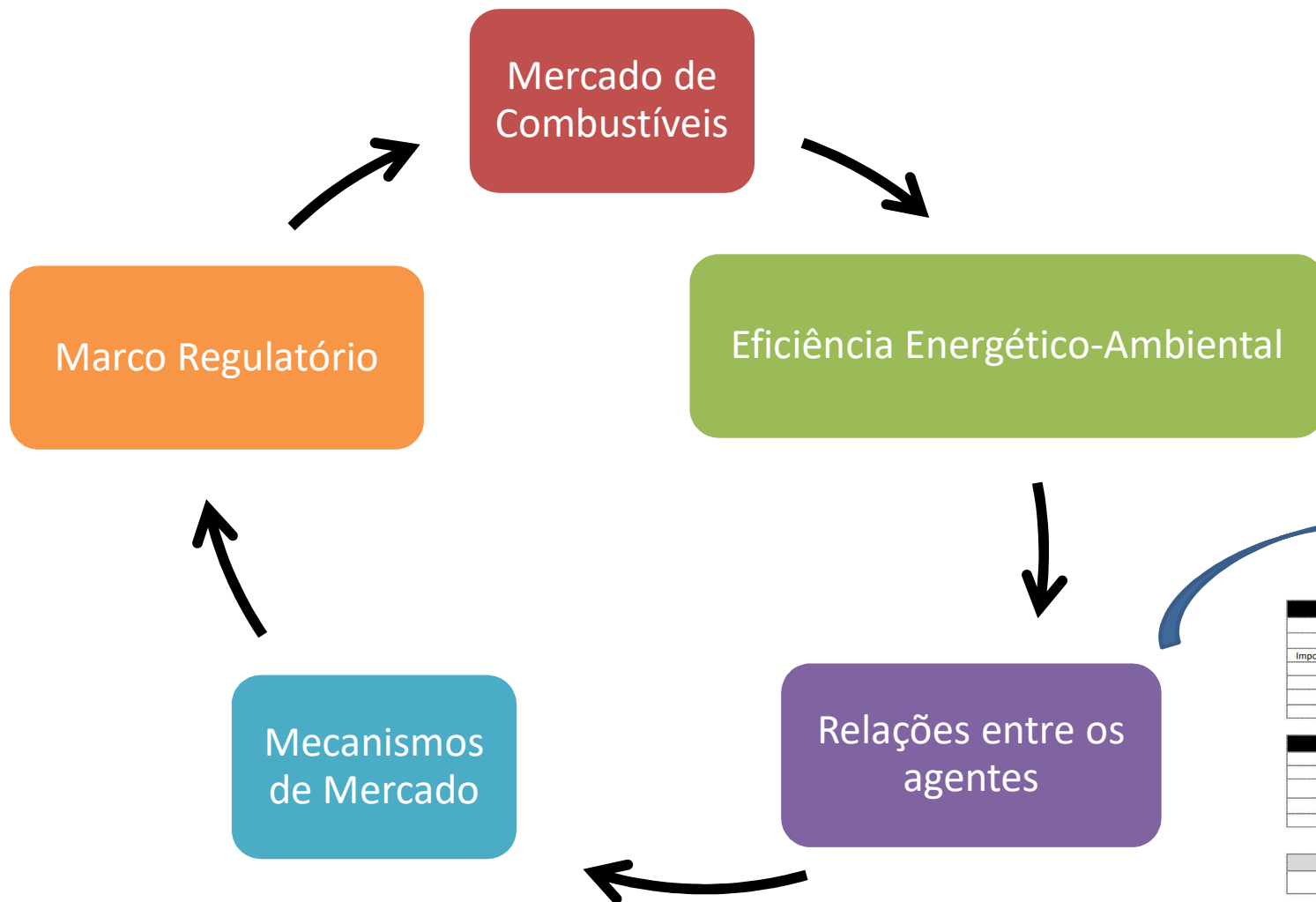


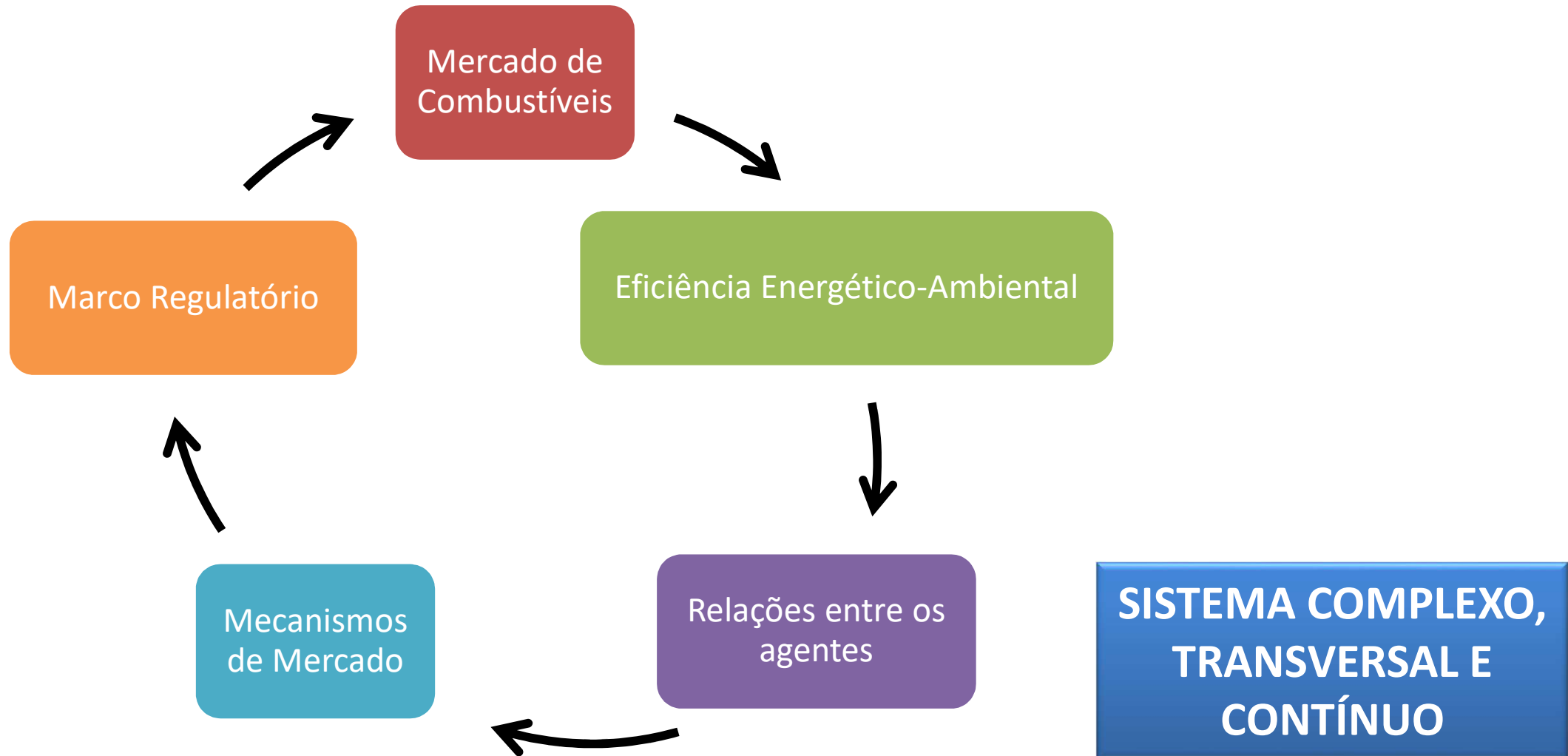
Tabela 1. Variação líquida do quantitativo de agentes entre 2015 e 2016.

Fornecedores		+39
Refinarias de Petróleo		=
Usinas de Etanol		=
Importadores/Exportadores Petróleo e Derivados		+41
Produtores Lubrificantes		-4
Importadores Lubrificantes		+15
Refrefinadores Lubrificantes		=
Produtores de Biodiesel		-3
Distribuidores		-26
Distribuidoras de Combustíveis Líquidos		-23
Distribuidoras de Solventes		-5
Distribuidoras de GLP		+1
Distribuidoras de Asfaltos		=
Distribuidoras de Combustíveis Aviação		+1
Agentes 2015		118.201

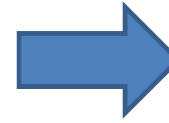
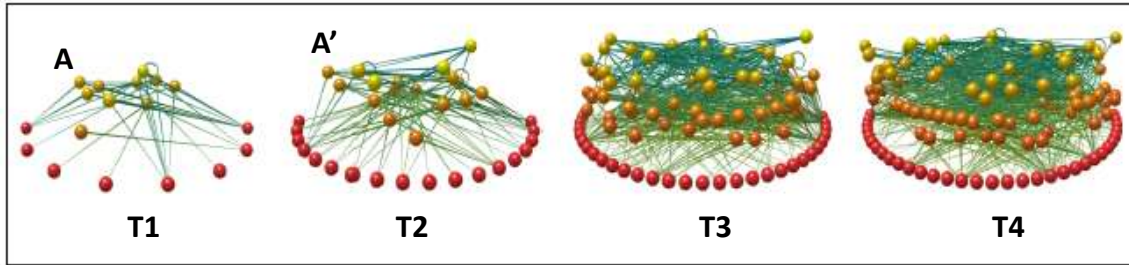
Revededores		+ 4654
TRR - Transportador-Revededor-Retalhista		-21
Revededores Varejistas Combustíveis Líquidos		+795
Revededores de GLP		+3858
Revededores de Aviação		+20
Colatores de Lubrificantes		+1
TRR-Nis (Navegação Interior)		+1
Consumidores		+ 2931
Pontos de Abastecimento (instalações)		+2935
Consumidores de Solventes		-4
Δ AGENTES 2016/2015		+ 7598
Agentes 2016		125.799

Fonte: ANP (2016).

Abrangência do RenovaBio



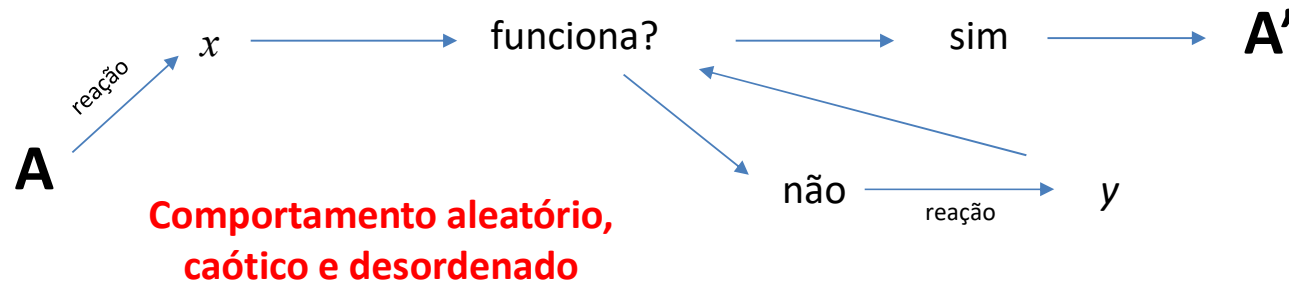
Abrangência do RenovaBio



**INTELIGÊNCIA
COLETIVA
(COMPORTAMENTO)**

Agente "A" possui
um dado **objetivo**

E sofre um
estímulo externo



Exemplos de Sistemas

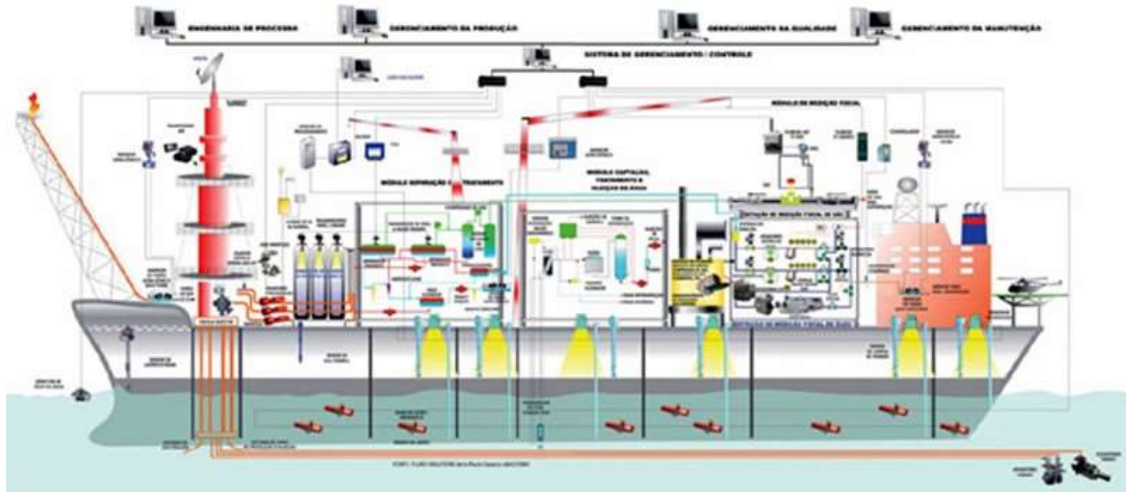


Plataforma de Petróleo

Sistema construído para uma finalidade:
Exploração e produção de petróleo

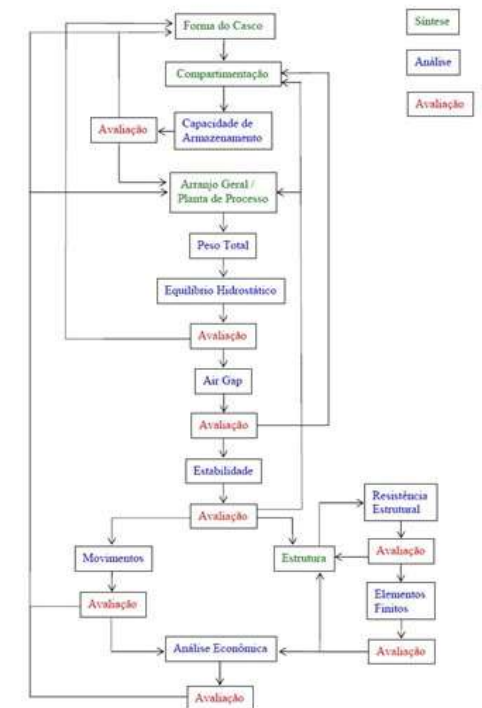
UMA PLATAFORMA É UM SISTEMA COMPLEXO?

Exemplos de Sistemas



O projeto de uma plataforma de petróleo é determinístico!

- As operações são encadeadas de modo a garantir a máxima produção em um ambiente de risco.
- Por isso, há redundância e padrões normativos para a sua construção.



Exemplos de Modelos

 **Empresa de Pesquisa Energética**

CALCULADORA 2050

 **Usar a calculadora**

Planilha de Dados

O que é a Calculadora 2050 ?

A Calculadora 2050 é uma ferramenta que permite a construção de diferentes cenários energéticos para o horizonte até 2050. Para cada cenário, apresenta seu impacto em termos de emissões de gases de efeito estufa (GEE), composição da matriz energética, dependência externa de energia, representados em gráficos e tabelas gerados automaticamente.

Através do balanço entre oferta e demanda de energia e de medidas de expansão da oferta e eficiência da demanda, a Calculadora 2050 permite identificar uma série de cenários possíveis para o futuro. Os resultados dos cenários abrem uma discussão sobre o futuro do sistema energético nacional e áreas com maior potencial de mitigação de emissões de GEE.

Todas as premissas e cálculos são provenientes do [arquivo em Excel](#), que está disponível.

A ferramenta foi desenvolvida inicialmente pelo [governo do Reino Unido](#), e já foi adaptada para países como China, Índia, Colômbia, México, África do Sul, Japão, Coreia do Sul, Bélgica, entre outros. A Calculadora brasileira foi desenvolvida pela EPE, com o suporte do [Departamento de Energia e Mudanças Climáticas do Reino Unido \(atual BEIS\)](#) e da [Embaixada Britânica no Brasil](#). Os cenários de oferta e demanda foram elaborados pela [COPPE/UFRJ](#) conjuntamente com a EPE, e discutidos em dois Workshops realizados na EPE com especialistas.

Acessar outras calculadoras:

Calculadora Global

Reino Unido

Colômbia

Índia

China

Japão

Bélgica

Coreia do Sul

Taiwan

África do Sul

Nova Zelândia

Nigéria

Áustria

México

Bangladesh

Sudeste europeu

Austrália

Indonésia

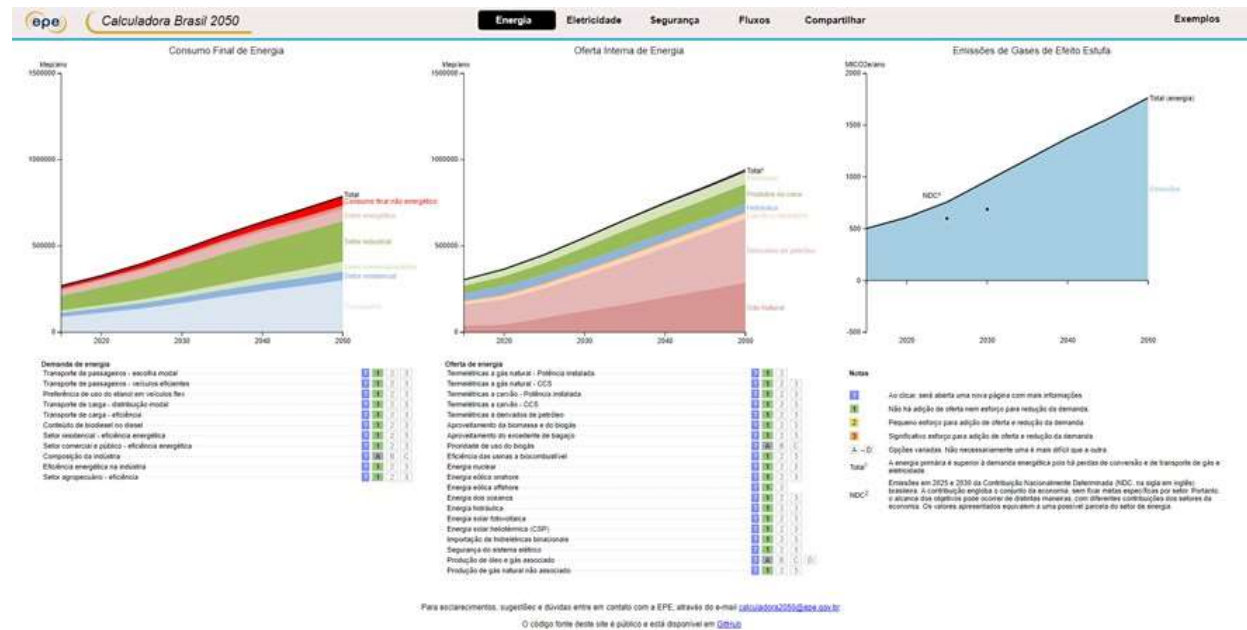
Maurício

Tailândia

Vietnã

Suíça

Lista completa



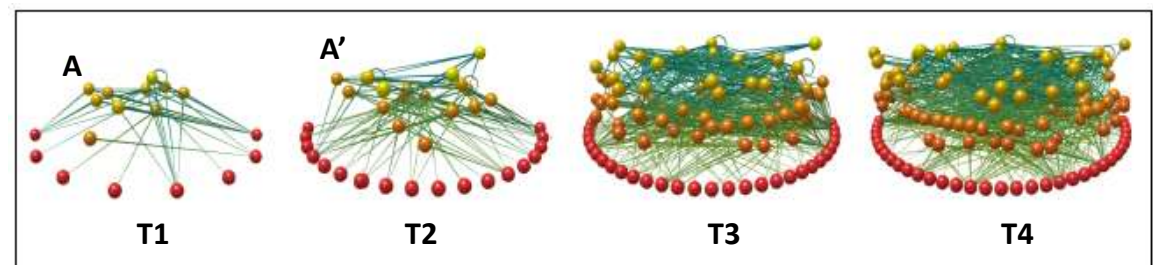
Qual a abordagem adequada?

Ilusão do controle
ou previsão das
respostas dos
agentes

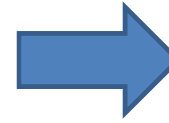
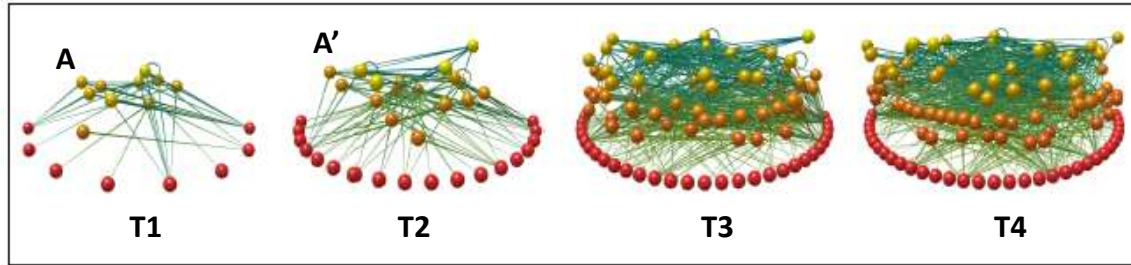


MAS,

Mesmo que os agentes tenham respostas aleatórias, o comportamento do sistema como um todo pode ser observado e sua probabilidade pode ser mensurada.



Abrangência do RenovaBio



**INTELIGÊNCIA
COLETIVA
(COMPORTAMENTO)**

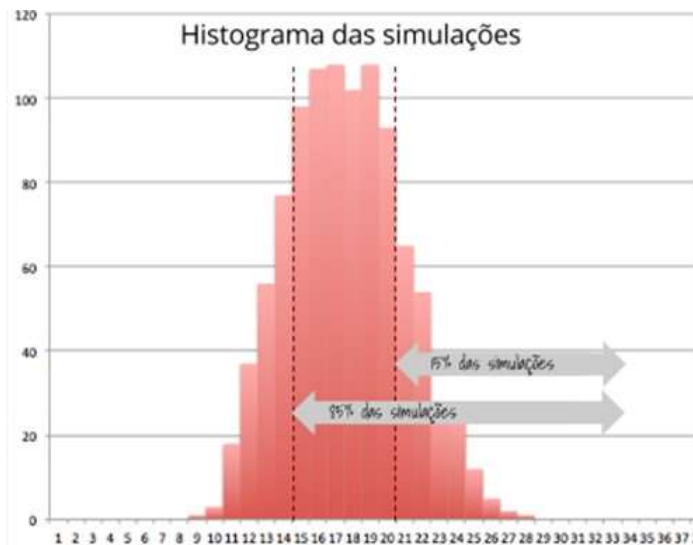
- 1) Constatamos a existência de relações entre os agentes
- 2) Percebemos que emerge um comportamento sistêmico
- 3) A inclusão ou exclusão de um elemento não necessariamente destrói o sistema porque ele é capaz de se adaptar continuamente

Qual a abordagem adequada?



Sistema determinístico com escolhas pré-definidas?

OU



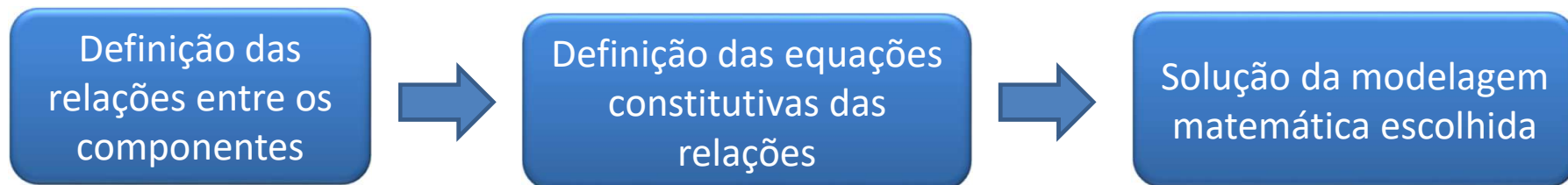
Sistema probabilístico que simule resultados das relações entre os agentes?

Modelagem em Sistemas Dinâmicos

Sistema: conjunto de componentes (agentes) que se interconectam por meio de relações de causa e efeito.

Sistema Dinâmico:

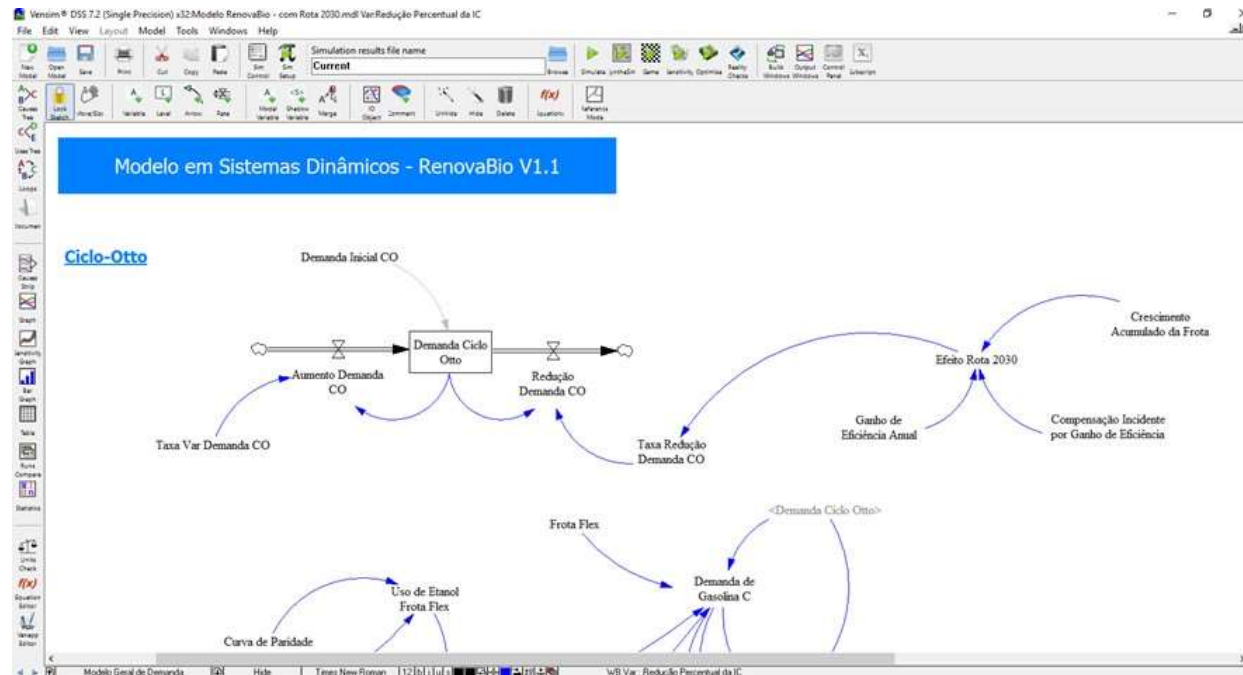
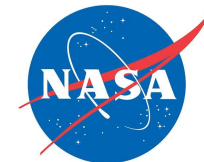
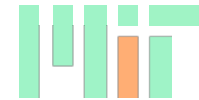
- As propriedades descritivas do sistema variam no tempo e na inter-relação entre as variáveis.
- **Sistemas econômicos são tipicamente caracterizáveis como Sistemas Dinâmicos**
- A análise dinâmica é feita em etapas:



Software escolhido



Quem utiliza o Vensim hoje:



Características do Vensim

<http://www.ventanasystems.com/>

- Construído com base em plataformas livres.
- Custo menor em relação aos concorrentes (PowerSim, Stella Professional, entre outros)
- Construção gráfica e textual da modelagem.
- Módulo de Análise de Sensibilidade (Monte Carlo).
- Módulo Avançado de detecção de erros.
- Disponível em modulo gratuito para uso acadêmico ou para **leitura** de modelos construídos:

• <https://vensim.com/vensim-model-reader/>

Algoritmo RK4

Vensim

Plataforma: Windows

Módulo de Otimização de Políticas Públicas

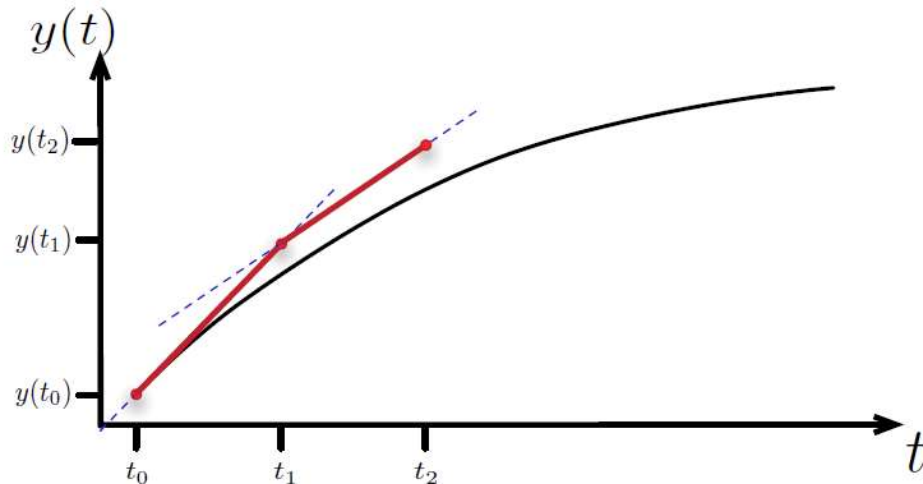
Parâmetros de setup do modelo:

T0 = 2018

T11 = 2028

Unidade = 1 ano

Método de Integração Escolhido = RK4



Para $\frac{dy}{dx} = f(x, y), y(0) = y_0$

Runge Kutta de 4ª ordem é calculado por:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)h$$

Onde:

$$k_1 = f(x_i, y_i)$$

$$k_2 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_1h\right)$$

$$k_3 = f\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_i + \frac{1}{2}k_2h\right)$$

$$k_4 = f(x_i + h, y_i + k_3h)$$

Modelagem do Mercado de Combustíveis

x = mercado de combustíveis fósseis

y = mercado de biocombustíveis

t = tempo

$$\text{se } \begin{cases} y = 0 \\ \frac{dx}{dt} = \alpha x, \alpha > 0 \end{cases}$$

$$\text{se } \begin{cases} x = 0 \\ \frac{dy}{dt} = -\rho y, \rho > 0 \end{cases}$$

Considerando que **A**, **B**, **C** e **D** são componentes do mercado:

-	A	B
C	AC	BC
D	AD	BD

Se mercado de combustíveis fósseis sofre redução $\rightarrow -xy\beta$

Se mercado de biocombustíveis aumenta $\rightarrow xy\delta$

β = tx de redução de fósseis e δ = tx de aumento da oferta de bio

Considerando as hipóteses anteriores:

$$\frac{dx}{dt} = x(\alpha - \beta y)$$

e

$$\frac{dy}{dt} = y(\delta x - \rho)$$

α , β , ρ e δ são coeficientes que representam a interação dos mercados.

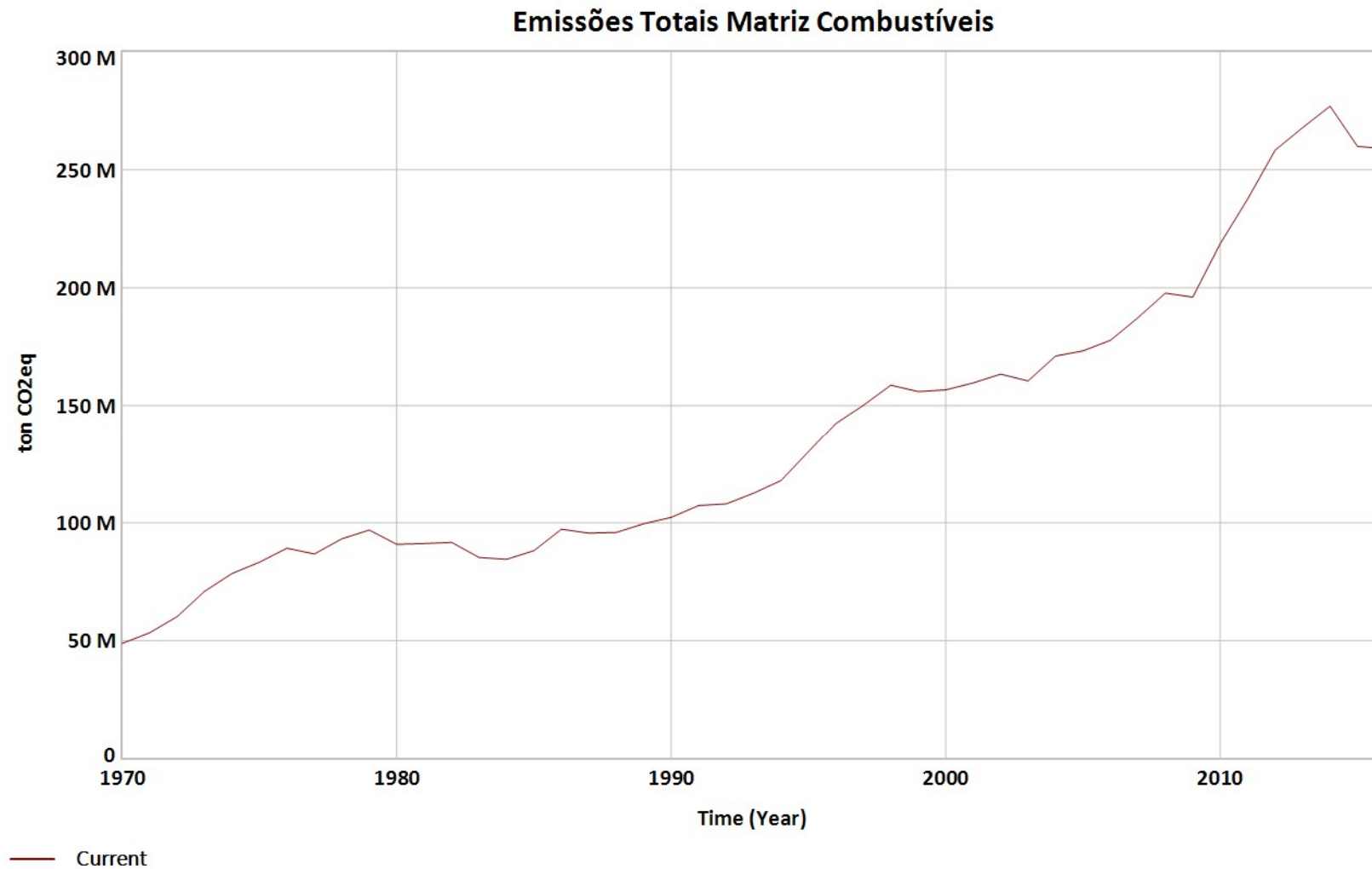
na relação entre os dois mercados:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y(\delta x - \rho)}{x(\alpha - \beta y)}$$

$$\int \left(\frac{\alpha - \beta y}{y} \right) dy \quad \int \left(\frac{\delta x - \rho}{x} \right) dx$$

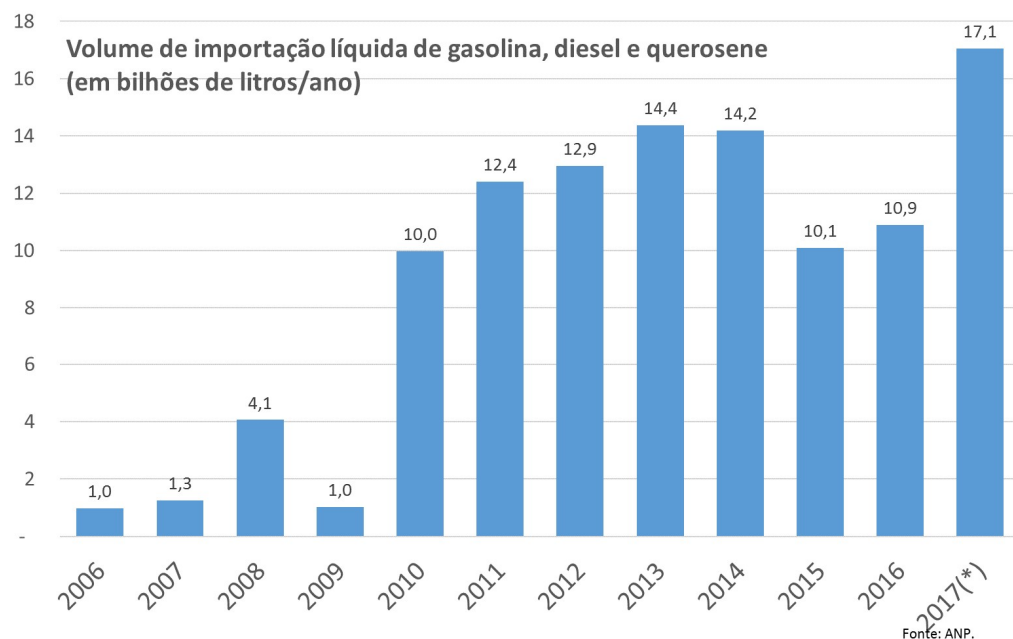
Solução é: $\alpha \ln(y) - \beta(y) + C = -\rho \ln(x) + \delta(x) + D$

Emissões de GEE

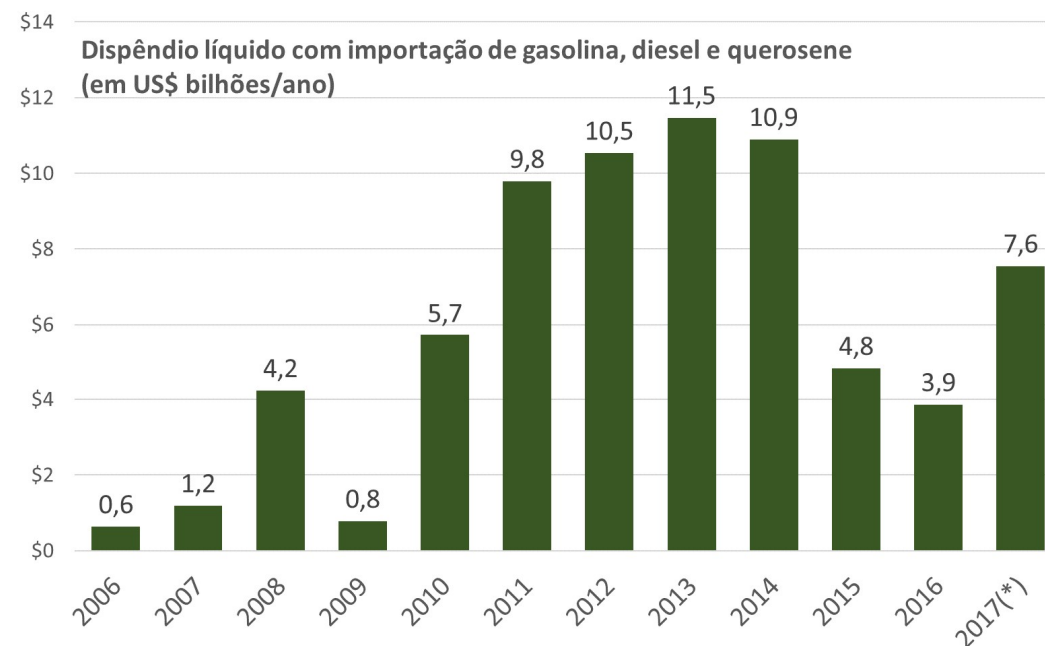


Emissões crescentes

Abastecimento



**Importação de volumes crescentes e exposição
a preços internacionais dos derivados**



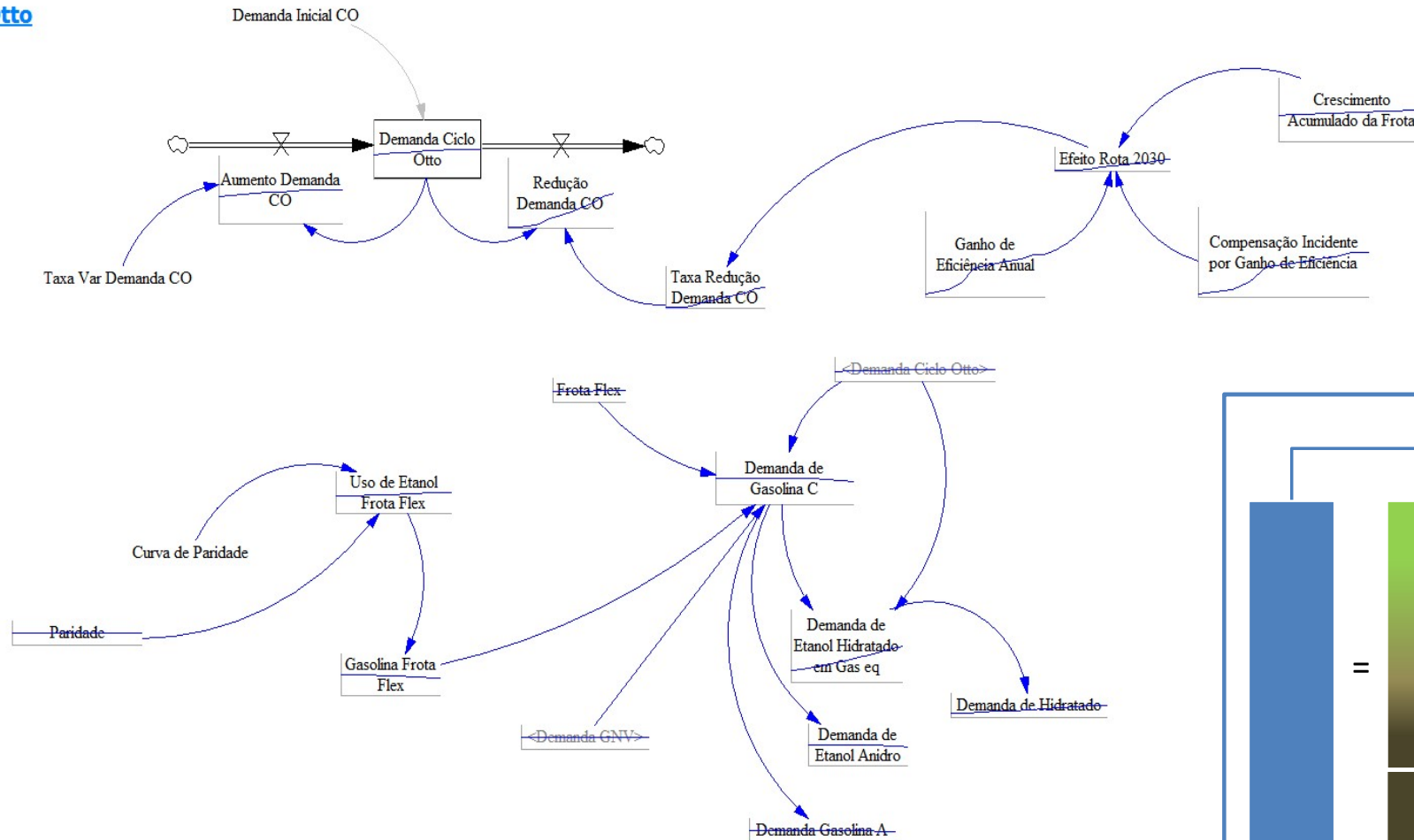
Déficit na Balança Comercial

Entradas do Modelo

- Aumento de consumo por ganho de eficiência nos veículos novos (Rota 2030)
- Capacidade de produção nacional dos combustíveis
- Eficiência ambiental [IC dos Combustíveis (Inicial)]
- Evolução da participação dos veículos flex na frota
- Ganho de eficiência dos veículos novos
- Margem de refino dos combustíveis fósseis
- Paridade de preços Biodiesel/Diesel
- Paridade de preços BioGás GNV
- Paridade de preços BioQAv/QAv
- Paridade de preços Etanol Hidratado/Gasolina C
- Participação de Biodiesel Autorizativo
- Percentual de mistura de Biodiesel
- Percentual de mistura de BioGás
- Percentual de mistura de BioQAv
- Percentual de mistura de Etanol
- Taxa de crescimento da Frota
- Taxa de ganho de eficiência ambiental para os combustíveis
- Taxa de variação da produção dos combustíveis
- Variação da Demanda Ciclo-Aviação
- Variação da Demanda Ciclo-Diesel
- Variação da Demanda Ciclo-Otto
- Variação da Demanda GNV

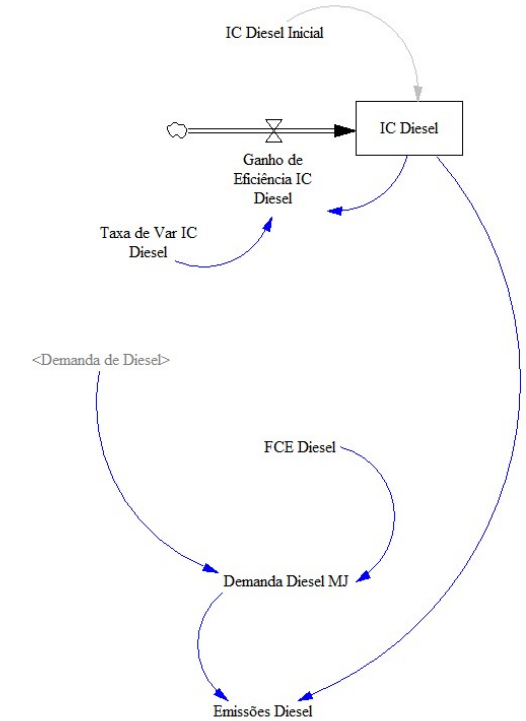
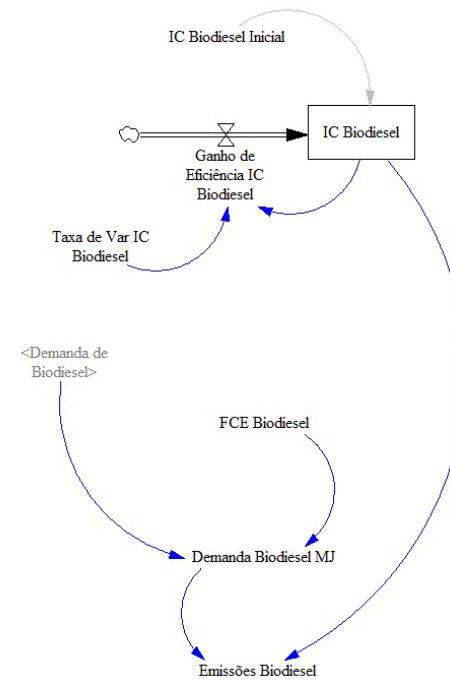
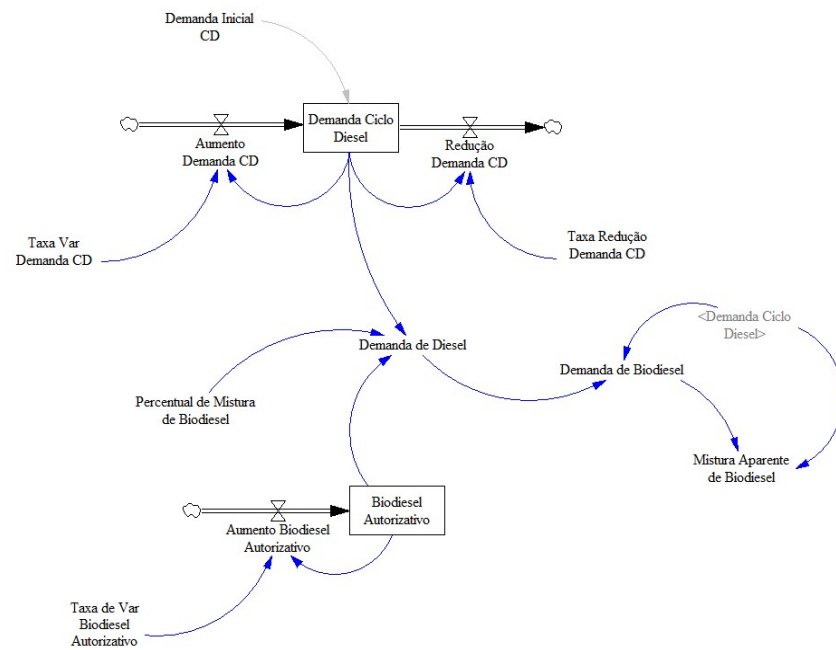
Modelo RenovaBio V1.1

Ciclo-Otto

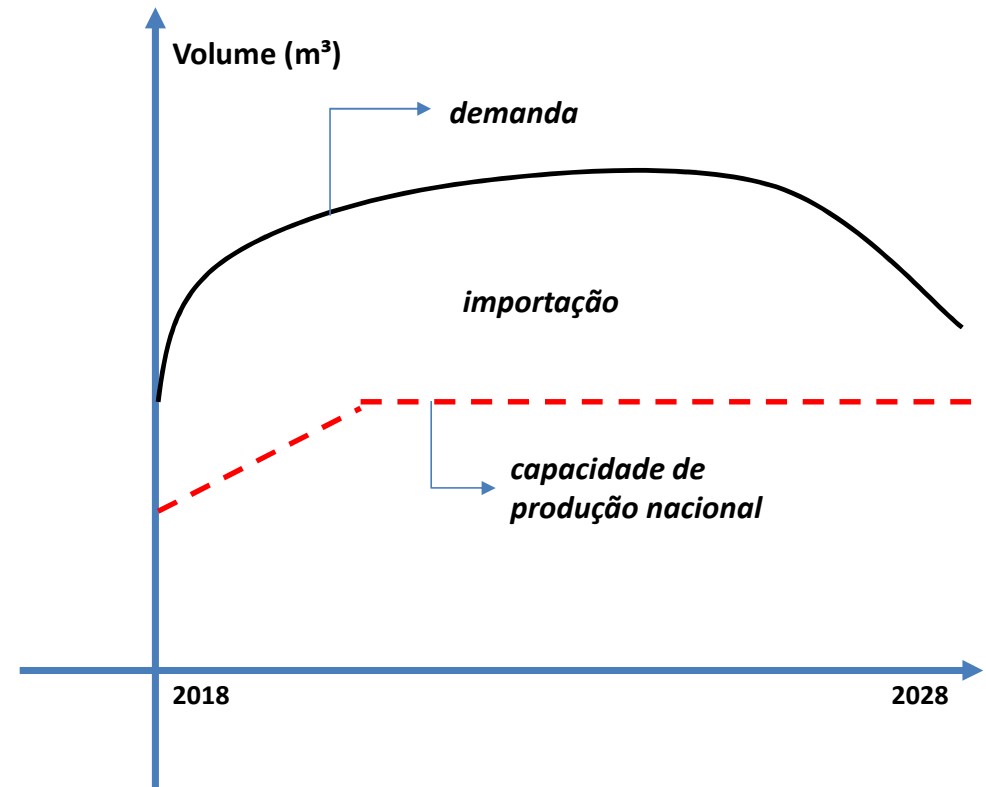
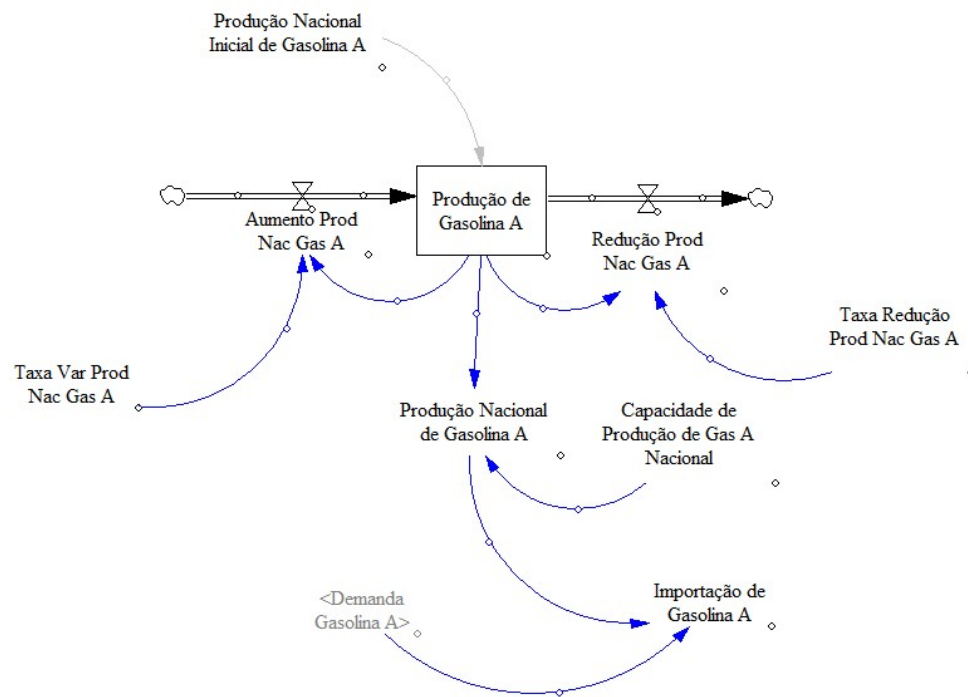


Modelo RenovaBio V1.1

Ciclo-Diesel

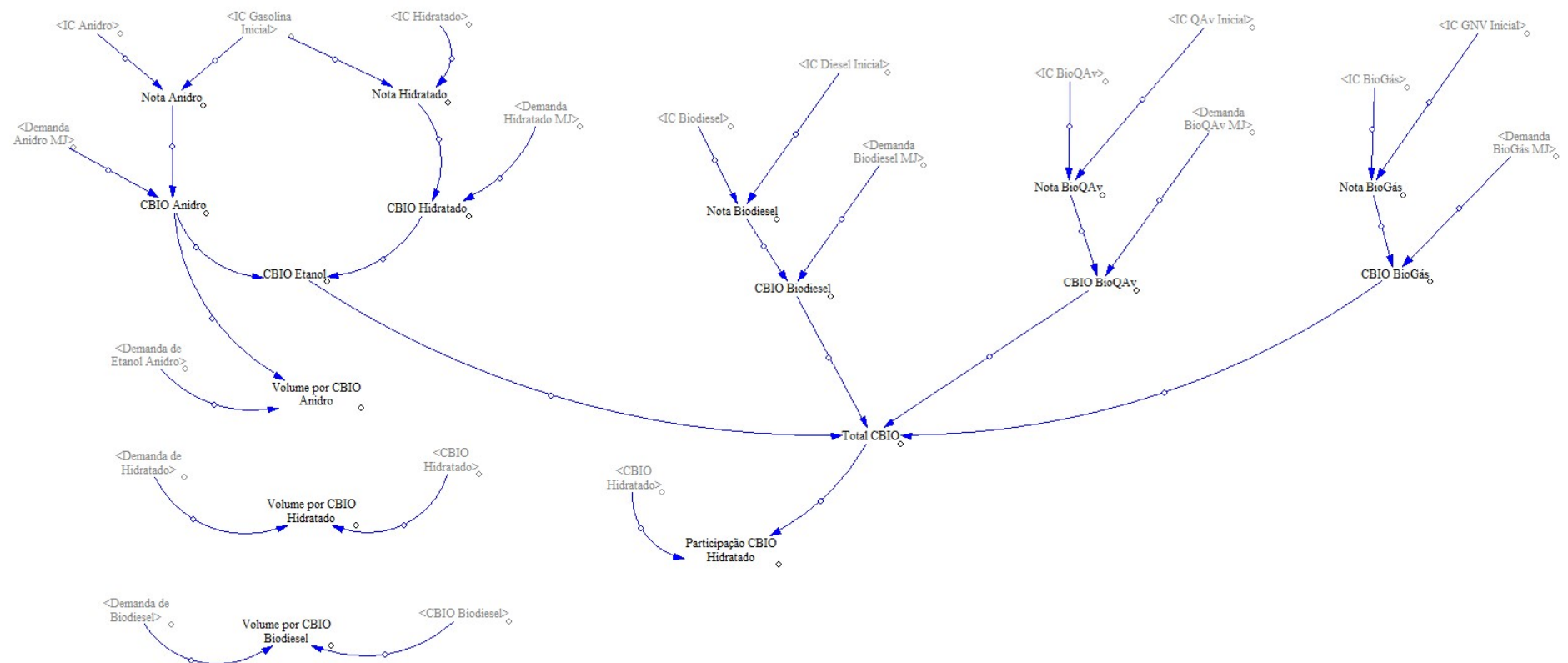


Modelo RenovaBio V1.1



Modelo RenovaBio V1.1

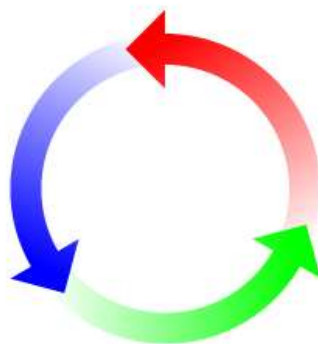
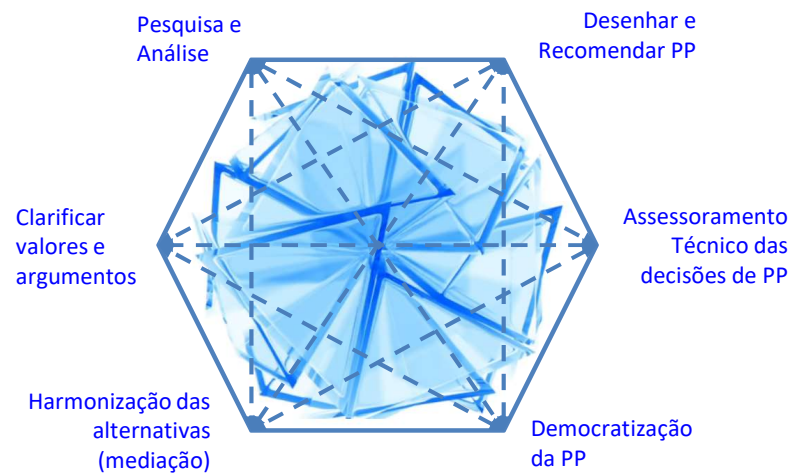
CBIOs Gerados por Biocombustível



Saídas do Modelo

- **Intensidade de Carbono da Matriz de Combustíveis**
(Emissões por unidade de energia) [gCO₂eq/MJ]
- **Emissões Totais da Matriz de Combustíveis** [ton CO₂eq]
- **Demanda por combustível** [m³]
- **Importação de combustível** [m³]
- Oferta de CBIO
- Volume de CBIO por biocombustível
- **Preço da Cesta de Combustíveis**
- Participação relativa dos Combustíveis

Inovação na Modelagem do RenovaBio



RENOVABIO