Workshop Modelagem Econômica com base em Sistemas Dinâmicos

Carine A. Vieira
Pesquisadora Pós-Doutorado PPGE

carine.a.vieira@gmail.com
gemaeco.ufpr.br

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEMAECO

Estrutura do Minicurso

- Parte 1:

Introdução;

O que são sistemas dinâmicos afinal?

Sistemas Dinâmicos e Economia

Pensamento Sistêmico

Análise orientada P'HAPI

Componentes do Sistema Dinâmicos

- Parte 2:

Exemplos, atividades práticas

Intervalo 15h30 às 15h50

Introdução

- Sistemas Dinâmicos emergiu primeiramente como um método para entendimento de sistemas complexos por Jay Wright Forrester com o time do MIT em 1956. O autor lançou o livro "Industrial Dynamics" em 1961.

Curiosidades:

RAM – ele criou o primeiro comercialmente viável

Primeiro jogo de computador, a jumping ball

- Forrester com alimentação de controle para equipar
- Sua abordag de controle e cibernética, c ciais e gerenciais.
- Sistemas Dinâmicos se consolidou como uma poderosa ferramenta de análise e modelagem para sistemas não lineares e interconectados, abrangendo campos diversos como economia, ecologia, gerenciamento de políticas públicas, e estudos de sustentabilidade.

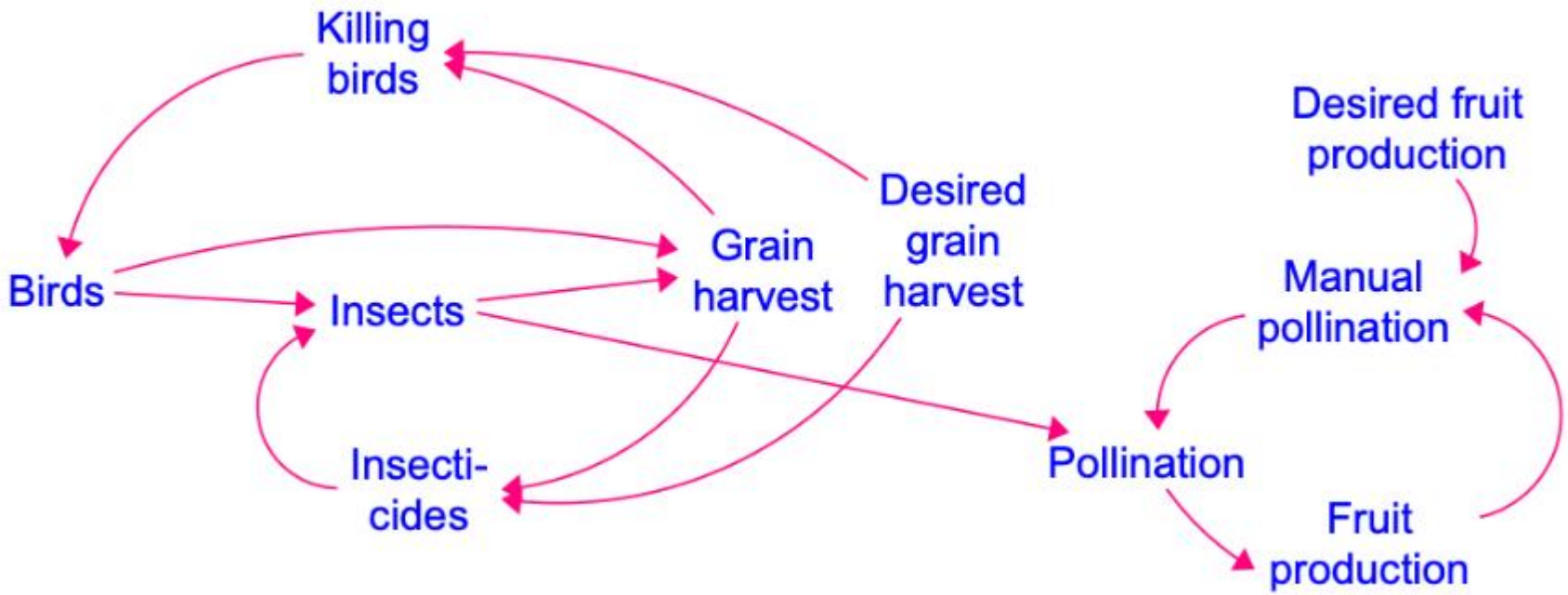
O que são sistemas dinâmicos afinal?

- "T

- O
de

- M

Parc
com
na c



Inseticidas -> os inseticidas matam todos os insetos, não somente os que comem grãos -> redução na polinização -> polinização manual das lavouras (pouco eficiente)

Consequência Final: Grande escassez de alimentos e fome → Mais de 15 milhões de mortes.

Pensamento Sistêmico

- Nós vivemos em sistemas, compostos por outros sistemas menores – local – que interagem uns com os outros;

- Sistemas complexos com muitas variáveis, com muitas interações.

Governos que passaram décadas aperfeiçoando sistemas capazes de gerenciar com sucesso problemas complicados (como regulação bancária, tratados comerciais e sistemas de saúde) agora se veem imersos em um mundo de problemas complexos.

- *Ou seja, com o aumento da complexidade, há uma necessidade de métodos que possam lidar com os problemas que surgem a partir do uso de métodos com "capacidades limitadas quando aplicados a problemas complexos".*

PENSAMENTO SISTÊMICO -> MODELAGEM

Pensamento Sistêmico

- Causa e efeito são centrais nos sistemas. Sem efeitos de causas, as partes do sistema não poderiam interagir e influenciar umas às outras.

Por exemplo, sem causa e efeito, eliminar pássaros não teria impacto na população de insetos e gases de efeito estufa não causariam o aumento das temperaturas globais.

- *Tomador de decisão precisa reconhecer que suas ações tem uma consequência.*

- De acordo com Gary e Wood (2016), a maioria dos julgamentos humanos envolve raciocínio sobre **relações de causa e efeito**. Os tomadores de decisão geralmente pensam em **cadeias causais curtas**, tendem a assumir que cada efeito tem uma **única causa, reconhecem poucos feedbacks** e, normalmente, representam situações complexas e interdependentes como componentes **amplamente separáveis**.

Pensamento Sistêmico

- Dificuldades em identificar causa-efeito e confusão com correlação.

Ex. Vendas de sorvete e taxas de homicídio

- Efeitos instantâneos ou cumulativos: ex torneira, aquecimento global.

- Loops de feedback impulsionam o comportamento dos sistemas.

  Reinforcing feedback loops: ex. coelhos

  Balancing feedback loops: ex: copo de água

Sistemas Dinâmicos e Economia

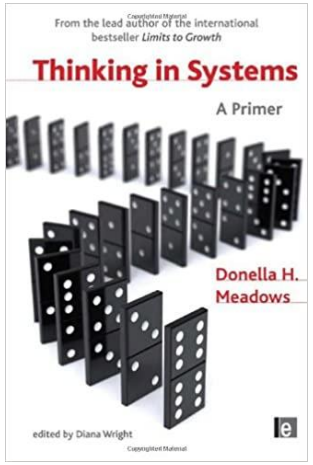
- "The Limits to Growth" (MEADOWS et al. 1974), o qual apresenta um modelo "World3", que examina a interação de cinco subsistemas – população, provisão de comida, produção industrial, poluição e consumo de produtos naturais não renováveis;

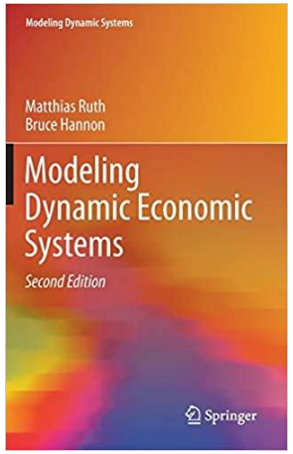
- O que se define como análise de sistemas dinâmicos refere-se a uma modelagem de simulação computacional usada para a análise de problemas não lineares, com a proposta de gerar insigths e auxiliar no entendimento do comportamento de fenômenos complexos (RADZICKI, 2009);

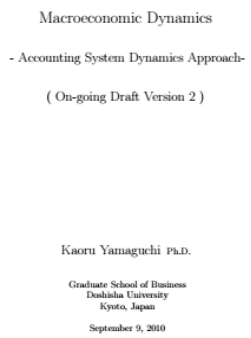
Sistemas Dinâmicos e Economia

- Radzicki (2009) argumenta que muitos economistas de diversas escolas de pensamento– como Pós-Keynesianos, economistas institucionais, economistas ecológicos e economistas comportamentais– têm adotado esse instrumento;

- A introdução desse ferramental se iniciou décadas atrás, apesar de pouco difundida;






Macroeconomic Dynamics

- Accounting System Dynamics Approach-

(On-going Draft Version 2)

Kaoru Yamaguchi Ph.D.

Graduate School of Business
Doshisha University
Kyoto, Japan

September 9, 2010

managerial, business, economic, health, biological, ecological, and environmental problems, among others.

Acesse Configurações para ativar o Wi

Análise orientada a problemas: ***P'HAPI***

- **P**roblema

Um problema nesse ponto em sistemas dinâmicos tem que ter um ***horizonte de tempo*** *em que identifiquemos um comportamento.*

- **H**ipótese

É a nossa explicação para esse comportamento, as relações de causa e efeito que nascem do problema observado. Em sistemas dinâmicos a hipótese vai dar um direcionamento de que estruturas vão ser incluídas no modelo.

Análise orientada a problemas: ***P'HAPI***

- **A**nalise

A análise tem o propósito de testar a hipótese. Minha hipótese realmente explica o comportamento do problema? É necessário chegar a uma hipótese realista, testar no simulando diferentes trajetórias no modelo.

- **P**olicy

Em SD a policy representa um conjunto de regras que transforma a informação em ação. A análise de políticas é semelhante à testagem de hipóteses, mas focada em avaliar como políticas históricas causaram problemas e em testar novas propostas.

Análise orientada a problemas: ***P'HAPI***

- **I**mplementação

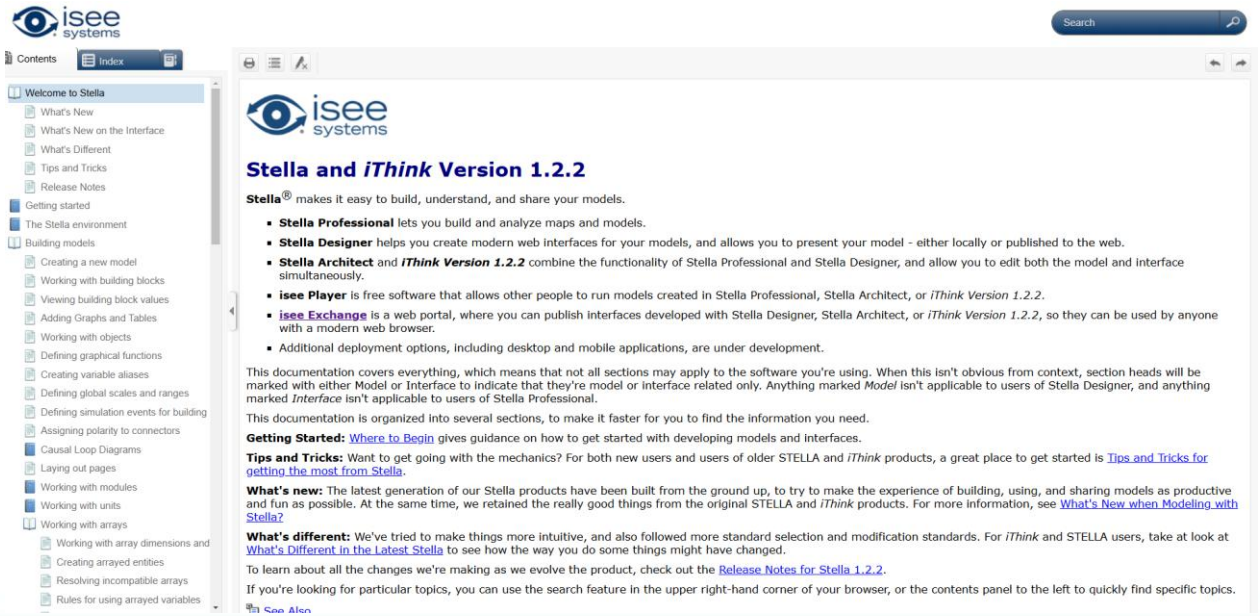
A análise de políticas é um exercício teórico para buscar a melhor política possível (primeira melhor). Contudo, é necessário entender os prós e contras dessas políticas, além dos problemas potenciais de implementação, considerando insights de análises de difusão. Nem sempre as melhores políticas são adotadas; muitas vezes, políticas "segundas melhores" são escolhidas devido a diversas limitações. Decisores são os responsáveis pelas decisões, e o papel do analista em SD é fornecer informações claras e fundamentadas para ajudá-los a escolher.

Componentes do sistemas dinâmicos

1. **Estoque (Stock):**
   População de uma cidade, estoque de produtos em um armazém, quantidade de água em um reservatório.
2. **Fluxos (Flows):**
   Taxa de natalidade/mortalidade (entradas e saídas da população), vendas/recebimento de estoque, entrada e saída de água em um reservatório.
3. **Conversores (Converters):**
   Políticas que afetam a taxa de natalidade, preços que impactam o volume de vendas, variáveis climáticas que alteram a entrada de água em um sistema.
4. **Conexões (Feedback Loops):**
   Mais população gera mais nascimentos (feedback positivo); estoque baixo incentiva compras (feedback negativo).

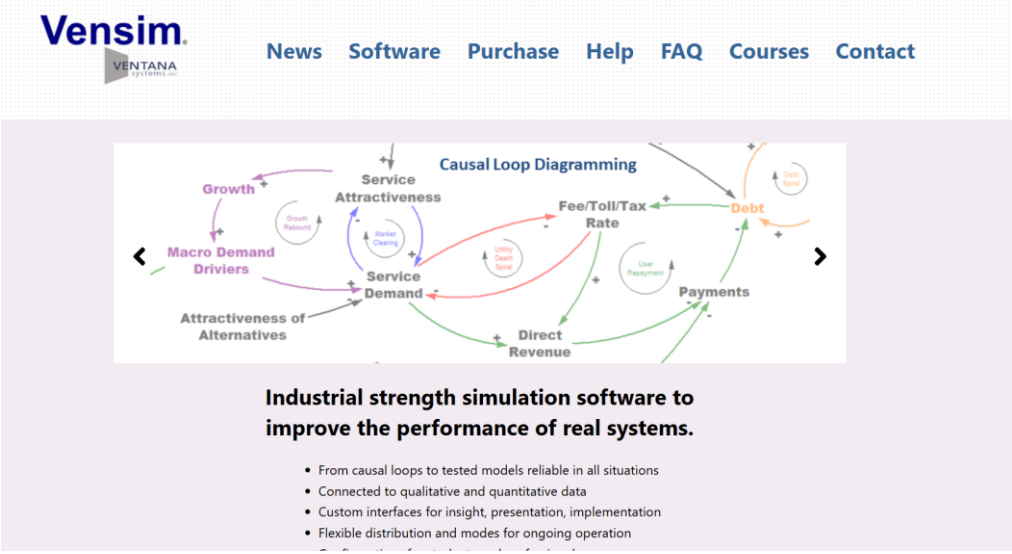
Linguagem Stella

- No Stella Architect, a lógica de programação é baseada em fluxos, estoques e fórmulas matemáticas que representam o comportamento dos sistemas dinâmicos.



https://www.iseesystems.com/resources/help/v1-2/#Welcome.htm%3FTocPath%3DWelcome%2520to%2520Stella%7C_____0

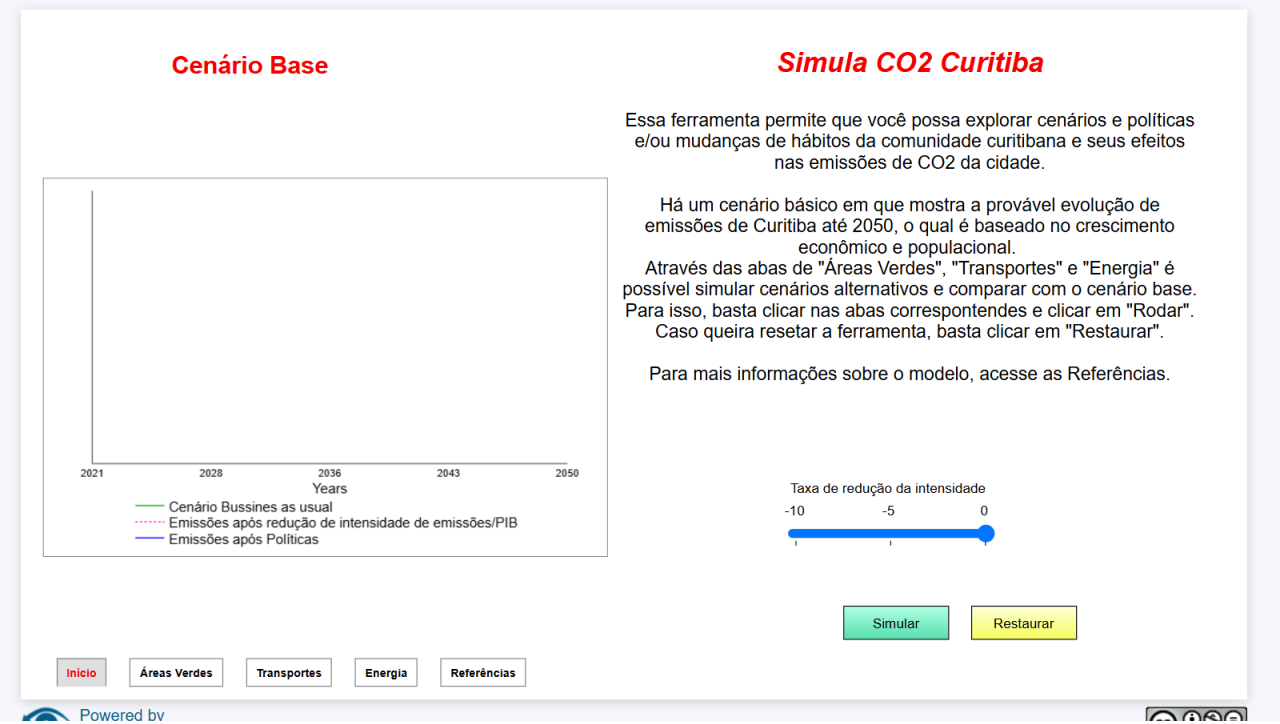
Existem outros softwares?



https://systemdynamics.org/

Exemplo prático

- Simula CO2 Curitiba



https://paineldemudancasclimaticas.org.br/simulador/index

Exemplo prático

- MacroEco

https://exchange.iseesystems.com/public/carinevieira/brazil-macromodel/index.html#page1

Instalando Stella Architect

- Acessar:

https://www.iseesystems.com/store/products/stella-architect.aspx

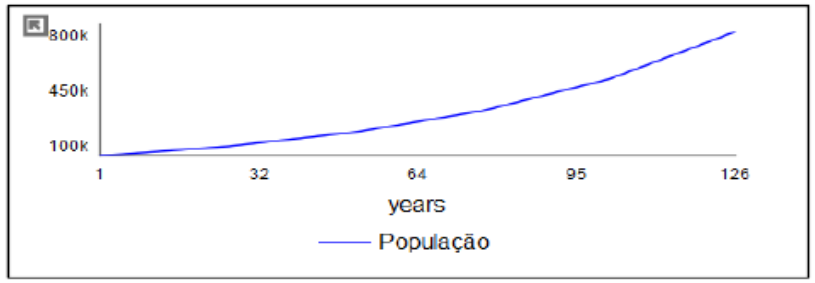
Instalar versão de teste

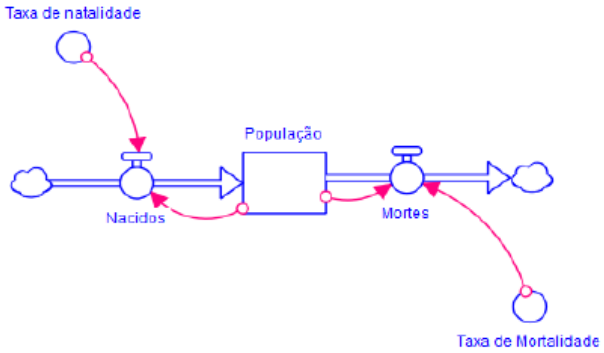
Tour no Stella

Exemplo Prático

- Preços de maças diário

- Demográfico





Funções – Stella Builtins

- **MIN:** Retorna o menor valor entre dois ou mais valores fornecidos.
- **MAX:** Retorna o maior valor entre dois ou mais valores fornecidos.

•**Finalidade:** Como essas funções ajudam a modelar limites e condições em sistemas dinâmicos.

•**Exemplos de aplicação:**

- Limitar a produção ao máximo da capacidade.
- Garantir que estoques não caiam abaixo de um valor mínimo.

Atividade Prática 1

Faça um exemplo no stella usando min e max.

Funções – Stella Builtins

Delay: Um **delay** (atraso) em sistemas dinâmicos representa o tempo que uma mudança em uma variável leva para impactar outra variável no sistema. Em SD, os delays são usados para modelar processos onde há um intervalo entre a causa e o efeito.

Atividade Prática 2

Faça um exemplo no stella usando delay

Funções – Stella Builtins

- **Funções IF THEN ELSE**
- As funções **IF THEN ELSE** são usadas para criar condições no seu modelo. Essa formulação consiste em três partes diferentes que trabalham juntas:

1. IF:

1. Coloque uma expres ada como verdadeira (**true**) ou falsa (**false**).
2. Essa expressão deve , ><).
3. Dentro dessa expres como **AND**, **OR** ou **NOT**, para criar condições mais com

IF TIME < 10 THEN 5 ELSE 10

2. THEN:

1. Insira um valor ou ur
2. Se a condição do **IF** f a função especificada nesta parte.

3. ELSE:

1. Insira um valor ou uma expressão na parte **ELSE**.
2. Se a condição do **IF** for falsa, o modelo retornará o valor ou a função especificada nesta parte.

Atividade Prática 3

Faça um exemplo no stella usando if e else.

Reinforcing FeedBack Loop

- Um **Reinforcing Feedback Loop** é um ciclo dentro de um sistema dinâmico em que os efeitos de uma variável amplificam continuamente o comportamento do sistema, levando a um crescimento exponencial ou a um declínio acelerado. Esse tipo de ciclo ocorre quando uma ação inicial gera um impacto que, por sua vez, aumenta ou reforça essa mesma ação em um ciclo contínuo.

Características principais:

- **Auto-reforço:** Cada interação no ciclo fortalece o efeito inicial.
- **Crescimento exponencial ou declínio acelerado:** Pode resultar em expansão rápida (como crescimento populacional) ou colapso rápido (como perda de clientes em um mercado).
- **Sem limites internos:** A menos que haja um fator externo ou limite imposto, o comportamento do sistema continuará se intensificando.

GEMAECO

Atividade Prática 4

Faça um exemplo no stella usando Reinforcing Feedback Loop positivo e outro negativo.

Exemplo Prático

Como usar métodos tradicionais como aliados na modelagem?

- ***Regressão:***

$$\ln(expectativa_vida)=\beta 0+\beta 1\ln(gastosSaudepc)+\beta 2\ln(densidadeDoctor)+\beta 3\ln(txAnalfabetismo)+ e$$

$\beta 1 = 2,68$

$\beta 2 = 0.0097$

$\beta 3 =0.0249$

Atividade Prática 5

Ache um artigo com uma regressão linear relativamente simples e replique esse exemplo.

Exemplo Prático

Como usar métodos tradicionais como aliados na modelagem?

- ***Matriz Insumo Produto:***

Podemos usar os multiplicadores de renda, produto e emprego na modelagem para fazer análises setoriais.

Atividade Prática 6

- Investimento

- Valor inicial: 10 000
- Taxa de juros anual: 1%

- Ano inicial: 2023 - 2050

Exercícios para vocês!

- Projeto completo

1: Adicionar PIB de serviços, indústria e agro com três taxas diferentes e consolidar o PIB geral.

PIB total: 10 trilhões

Indústria: 22% ; Serviços: 60%; Agro: 8%

Ano inicial: 2023 Ano final: 2060

Taxas de crescimento anuais – Indústria (1,6%), Agro (15%), serviços (2,4%)

Exercícios para vocês!

- Projeto completo

2: Adicionar população total e população ativa entre 2023 e 2050:

IBGE: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html

3: Calcular o PIB per capita

Exercícios para vocês!

- Projeto completo

4: Grande recessão em 2035

Taxas de crescimento negativas -1

5: Explosão de crescimento econômico em 2040

Taxas de crescimento anuais – Indústria (5%), Agro (20%), serviços (5%)

Desenvolvendo Layout e publicação online

- Tour no layout
- Faça o layout de um dos seus modelos

Jogo

https://exchange.iseesystems.com/public/olga-poletaeva/resource-allocation-game/index.html#page1

Obrigada

Carine A. Vieira

Grupo de Estudos em MacroEconomia Ecológica
Universidade Federal do Paraná

carine.a.vieira@gmail.com gemaeco.ufpr.br

Linkedin

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEMAECO
Grupo de Estudos em MacroEconomia Ecológica