

FACILITANDO A ANÁLISE DE SIMULAÇÕES URBANAS: UM PAINEL INTERATIVO PARA O POLICYSPEACE3¹

João Victor Lisboa de Vasconcelos²
Bernardo Alves Furtado³
Gustavo Libório Rocha Lima⁴

SINOPSE

Este texto apresenta um painel interativo de visualização de dados desenvolvido para apoiar a análise dos resultados do modelo de simulação baseada em agentes (em inglês, agent-based model – ABM) PolicySpace3, em sua versão estendida com o módulo de política habitacional *Melhorias*. O painel permite comparar, de forma sistemática, os efeitos de diferentes combinações de cenários de disponibilidade de fundos (*otimista*, *tendencial* e *pessimista*) e da presença ou ausência da política sobre um conjunto amplo de variáveis de interesse – macroeconômicas, habitacionais, de crédito e de bem-estar – em múltiplas áreas de concentração urbana (ACUs) brasileiras. A ferramenta, inteiramente executada no navegador e sem dependência de servidor, oferece recursos de suavização, agregação entre ACUs, exportação de gráficos em alta resolução e análise de correlação, visando facilitar tanto a exploração dos resultados quanto a produção de material para publicação acadêmica.

Palavras-chave: simulação baseada em agentes; política habitacional; visualização de dados; PolicySpace3; Melhorias.

1 INTRODUÇÃO

Os ABMs constituem uma abordagem metodológica que representa explicitamente sistemas complexos a partir da interação descentralizada de atores heterogêneos. Em vez de assumir equilíbrios agregados estáticos ou agentes representativos homogeneizados, as simulações ABM permitem que fenômenos macroeconômicos e dinâmicas espaciais emergjam de regras comportamentais adaptativas e de interações localizadas no tempo e no espaço. No entanto, por gerarem resultados em múltiplos níveis (indivíduos, firmas, setores e regiões), essas ferramentas produzem estruturas de dados densas e complexas: múltiplas execuções estocásticas, combinações fatoriais de tratamentos e longas séries temporais para dezenas de variáveis e unidades geográficas. A análise visual desses resultados é, com frequência, um gargalo que consome tempo substancial do pesquisador e do interessado final do estudo, não por escassez de ferramentas computacionais genéricas, mas porque as plataformas de visualização existentes raramente se ajustam ao delineamento experimental específico do modelo simulado sem um esforço considerável de reprogramação.

Para contextualizar essa complexidade, o PolicySpace3 (PS3) funciona como uma infraestrutura computacional aberta desenvolvida para apoiar a análise prospectiva (*ex ante*) de políticas públicas no cenário intraurbano brasileiro. O modelo representa, de forma integrada, os mercados e as instituições de uma economia urbana, simulando o comportamento de famílias, firmas (divididas em doze setores produtivos), governos locais e uma *proxy* de banco

1. DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/radar82art5>.

2. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Desenvolvimento Institucional do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dides/Ipea). E-mail: joao.vasconcelos@ipea.gov.br.

3. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais, de Inovação, Regulação e Infraestrutura (Diset) do Ipea. E-mail: bernardo.furtado@ipea.gov.br.

4. Assistente de pesquisa e ciência de dados sênior do Programa de Incentivo à Pesquisa Aplicada (Pipa) na Diset/Ipea. E-mail: gustavo.lima@ipea.gov.br.

comercial. Os agentes operam em tempo discreto mensal sobre uma grade espacial georreferenciada estruturada a partir das áreas de ponderação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). À medida que esses modelos incorporam multimercados concomitantes (trabalho, bens e serviços, compra, venda e aluguel de imóveis) e mecanismos institucionais complexos, a exploração sistemática dos resultados torna-se um desafio analítico e de comunicação científica.

Este texto documenta o desenvolvimento de um painel interativo construído especificamente para o PolicySpace3 em sua versão estendida com o módulo Melhorias – uma política habitacional voltada ao subsídio de reformas em moradias de famílias elegíveis. O painel foi desenhado como um arquivo HTML autocontido, operando diretamente no navegador do usuário e sem dependências de servidores externos ou instalação de pacotes de programação. Essa arquitetura reduz o custo de exploração visual dos dados; democratiza o acesso aos resultados para gestores públicos e pesquisadores não especializados; e reforça compromissos com a reprodutibilidade e a transparência metodológica (*open science*).

2 O MODELO E O DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O PolicySpace3 é a terceira versão de um modelo baseado em agentes desenvolvido no Ipea (Furtado, 2022; Lima, Furtado e Lopes, 2026) que representa, de forma integrada, os principais mercados e instituições de uma economia urbana. O modelo simula uma área de concentração urbana (ACU) do IBGE por meio de famílias, firmas, um banco e governos locais, operando em tempo discreto mensal sobre uma grade espacial georreferenciada.

O modelo avança em relação às abordagens tradicionais de planejamento urbano, ao integrar os fundamentos comportamentais da macroeconomia baseada em agentes à escala intraurbana. Enquanto os modelos tradicionais de transporte ou de uso do solo tendem a isolar os mecanismos de mercado, o PS3 unifica as decisões de consumo, poupança e mobilidade residencial das famílias às restrições financeiras, dinâmica de emprego e arrecadação tributária municipal. Na versão aqui analisada, incorpora-se o módulo da política Melhorias, cujo objetivo é avaliar como intervenções diretas na infraestrutura habitacional existente afetam indicadores mais amplos de desigualdade e bem-estar.

No desenho institucional de políticas habitacionais reais no Brasil, a literatura aponta o protagonismo de movimentos sociais e organizações comunitárias (como cooperativas habitacionais e associações de moradores) na articulação e consolidação das demandas locais. Na atual arquitetura computacional do PS3, contudo, a demanda habitacional por reformas emerge de forma puramente descentralizada: as famílias manifestam a necessidade de melhorias prediais endogenamente com base nas condições físicas de seus domicílios e em restrições de renda orçamentária, interagindo diretamente com os fundos governamentais alocados. Desse modo, embora a mediação política e coletiva dessas associações não esteja explicitada como um agente formalizado no código-fonte, podendo ser considerada uma limitação sabida de modelagem, o desenho do experimento captura indiretamente o resultado econômico e distributivo final dessa pressão, ao simular diferentes intensidades de provisão de recursos públicos por meio dos cenários de financiamento.

O delineamento experimental estruturado para alimentar o painel de visualização combina três fatores fundamentais:

- *disponibilidade de fundos para a política Melhorias*: estruturada em três cenários orçamentários (otimista, tendencial e pessimista);
- *presença ou ausência da política*: definida pelo booleano *policy_melhorias* (verdadeiro para o cenário de tratamento; falso para o cenário de controle ou *baseline*); e
- *unidade espacial de análise*: cobertura de 27 áreas de concentração urbana (ACUs) brasileiras, que correspondem às grandes regiões metropolitanas conurbadas do país.

Cada combinação fatorial desses parâmetros é replicada sob múltiplas sementes aleatórias, para isolar a variabilidade estocástica do modelo. Para cada rodada, o simulador gera séries mensais de 324 períodos (compreendendo o horizonte temporal de 2013 a 2039) para um vetor de 72 variáveis de resultado. A densidade dessa matriz de dados (ACU × cenário × política × semente × mês × variável) justifica a necessidade de uma camada de mediação visual dedicada.

3 O PAINEL DE VISUALIZAÇÃO

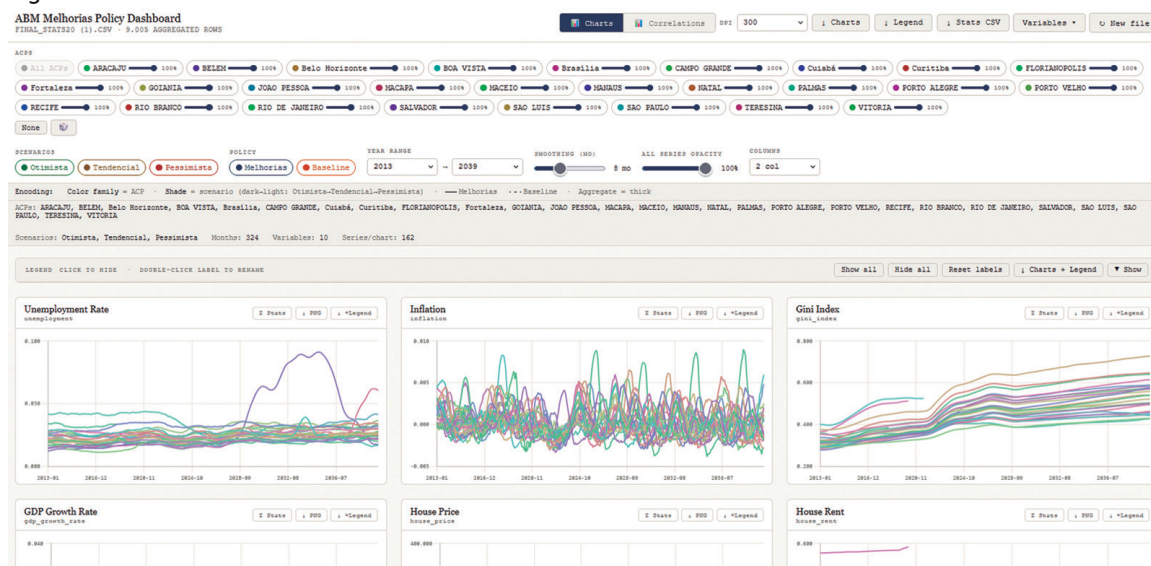
O painel foi desenvolvido em HTML e JavaScript, com apoio da IA Claude, utilizando bibliotecas abertas para visualização gráfica, leitura de dados e exportação de resultados. A escolha por um único arquivo autocontido foi deliberada: o pesquisador carrega o arquivo no navegador, faz o *upload* dos dados de simulação diretamente na interface e opera sem qualquer infraestrutura adicional.⁵

A operação do painel de visualização organiza os dados densos do PolicySpace3 em uma narrativa gráfica contínua, permitindo que o pesquisador ou gestor público guie sua análise desde o comportamento agregado até as particularidades de cada simulação. Para ilustrar o funcionamento prático da ferramenta, descreve-se, a seguir, o fluxo de exploração dos impactos socioeconômicos da política Melhorias.

O ponto de partida do analista dá-se na *Aba Charts* (figura 1). Ao carregar a base de dados unificada na interface, o usuário depara-se com um conjunto de seletores estruturados por categoria (figura 2). Suponha-se que o objetivo seja avaliar o impacto macroeconômico e habitacional da introdução dos subsídios de reforma em um cenário de restrição fiscal severa. O usuário seleciona o cenário “Pessimista” no painel de controle e ativa concomitantemente as opções de linha “Melhorias” e “Baseline” (figura 3). Imediatamente, a interface renderiza múltiplos gráficos de séries temporais para as variáveis selecionadas, como a Taxa de Desemprego (*Unemployment Rate*), o Índice de Gini (*Gini Index*) e o Preço Real dos Imóveis (*House Price*).

FIGURA 1

Visão geral da Aba Charts



Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

5. O arquivo HTML está disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1wwBcdQ4ryVW9J6H93QHhsL6uC8XUhnfC/view?usp=sharing>. A base de dados para ser utilizada se encontra em: <https://drive.google.com/file/d/1E6XFjAlaKpQ3ETRLQuDCW0IVWdhc8uyj/view?usp=sharing>.

FIGURA 2

Seletor de variáveis por categoria

Select variables to plot [Select all] [Clear all] [Apply] [X]

Search...

MACROECONOMIC		HOUSEHOLDS	
☐ Population	pop	☒ Median Permanent Income	families_median_permanent_income
☐ GDP Level	gdp_level	☐ Wages Received	families_wages_received
☐ GDP Growth Rate	gdp_growth_rate	☐ Commuting	families_commuting
☐ GDP Change	gdp_change	☐ Household Savings	families_savings
☐ Unemployment Rate	unemployment	☐ Share of Families Helped	families_helped
☒ Inflation	inflation	☐ New Families	new_families
☒ Gini Index	gini_index	☐ Average Utility	average_utility
☐ Price Level	price_level	☒ Quality of Life Index	average_qli
		☐ Zero-Consumption Share	pct_zero_consumption
		☐ Amount Subsidised	amount_subsidised
		☐ Policy Budget Spent (%)	perc_policy_money_spent

HOUSING		FIRMS	
☒ House Price	house_price	☐ Median Firm Employment	firms_median_employment
☒ House Rent	house_rent	☐ Total Employment	firms_total_employment
☐ Vacancy Rate	house_vacancy	☐ Median Wage Paid	firms_median_wage_paid
☐ House Quality	house_quality	☐ Wage per Worker	firms_wage_per_worker
☐ Number of Domiciles	number_domiciles	☐ Total Profit	firms_total_profit
☒ Affordable Share	affordable	☐ Median Firm Profit	firms_median_profit
☐ Rent Default Rate	rent_default	☐ Share Firms w/ Positive Profit	share_firms_positive_profit
☐ Affordability (Median)	affordability_median	☐ Median Firm Stock	firms_median_stock
☐ Affordability D1	affordability_decis_1	☐ Avg. Eco-Efficiency	firms_avg_eco_eff
☐ Affordability D2	affordability_decis_2	☐ Median Innovation Investment	firms_median_innovation_investment
☐ Affordability D3	affordability_decis_3		
☐ Affordability D4	affordability_decis_4		
☐ Affordability D5	affordability_decis_5		

8 selected

Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Para evitar o excesso de ruído visual decorrente da sobreposição das trajetórias mensais das 27 ACUs, o painel oferece duas soluções analíticas complementares, descritas a seguir.

- 1) *Suavização temporal*: através de um *slider* de média móvel centrada (ajustável de 0 a 24 meses), o usuário pode atenuar as flutuações sazonais de curto prazo da simulação (como variações mensais espúrias na inflação), para focar nas tendências estruturais de longo prazo (figura 3).
- 2) *Agregação espacial (All ACUs)*: o painel permite projetar uma linha de síntese espessa (calculada via média ou mediana) que unifica o comportamento de todas as metrópoles brasileiras sob aquele tratamento específico (figuras 6 e 7). Com os botões de ajuste de opacidade e cores automatizadas por ACU (figuras 4 e 5), o pesquisador pode enfraquecer visualmente as curvas individuais e destacar a trajetória agregada nacional.

FIGURA 3

Seletores de cenários e políticas para exibição, seletor de intervalo temporal e *slider* de suavização (média móvel) das séries históricas

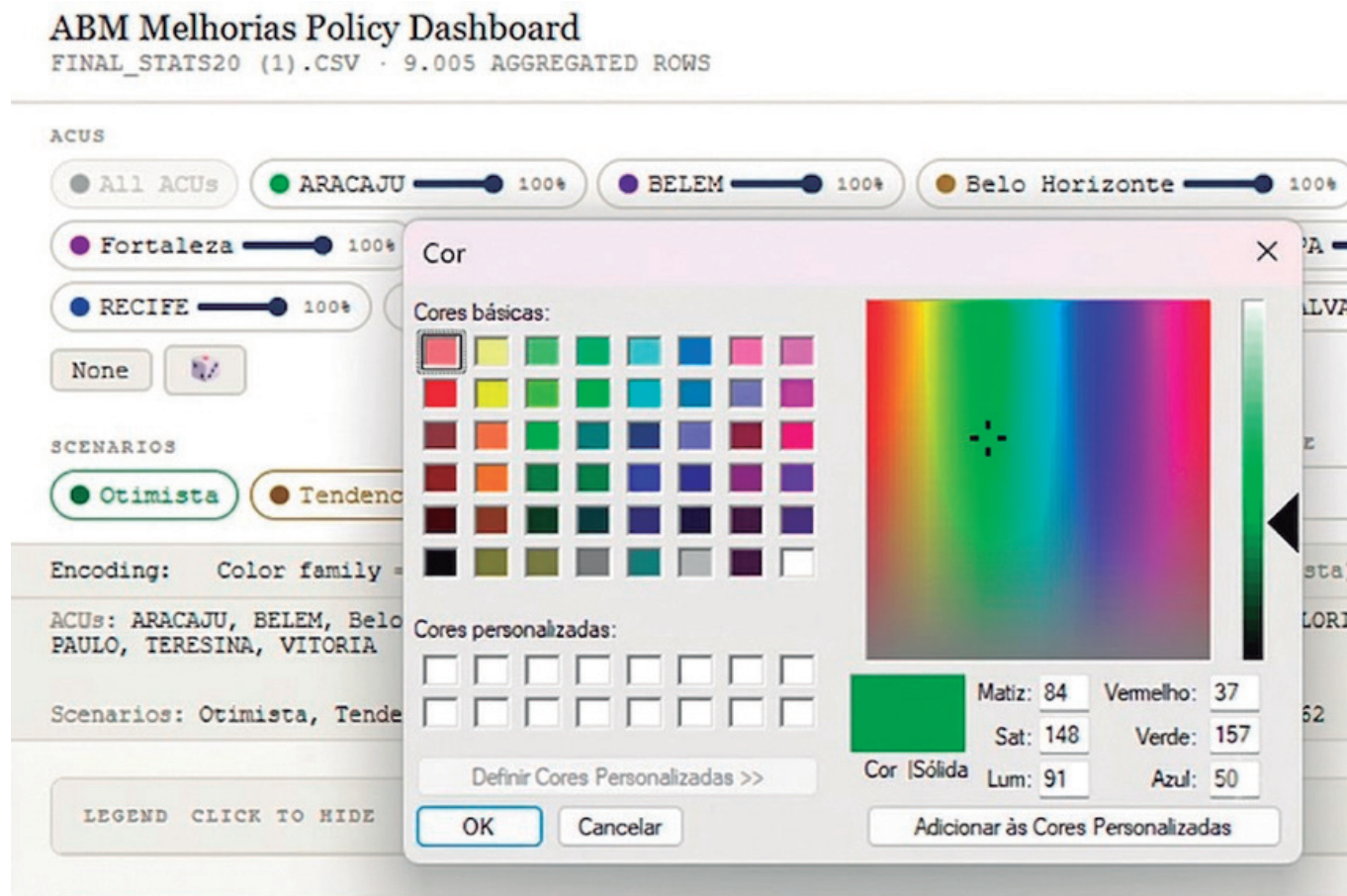


Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

FIGURA 4

Ajuste de cor por série de ACU



Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

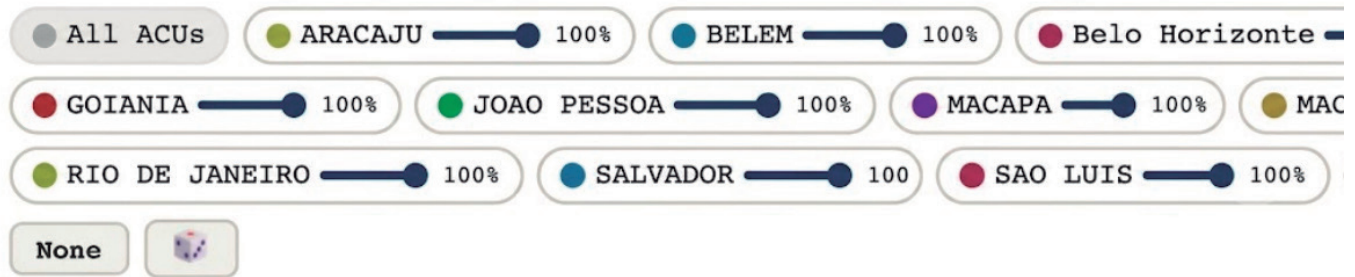
FIGURA 5

Botão “Mostrar Todas as ACUs” e botão “Definir Cores Únicas Automaticamente”

ABM Melhorias Policy Dashboard

FINAL_STATS20 (1).CSV · 9.005 AGGREGATED ROWS

ACUS

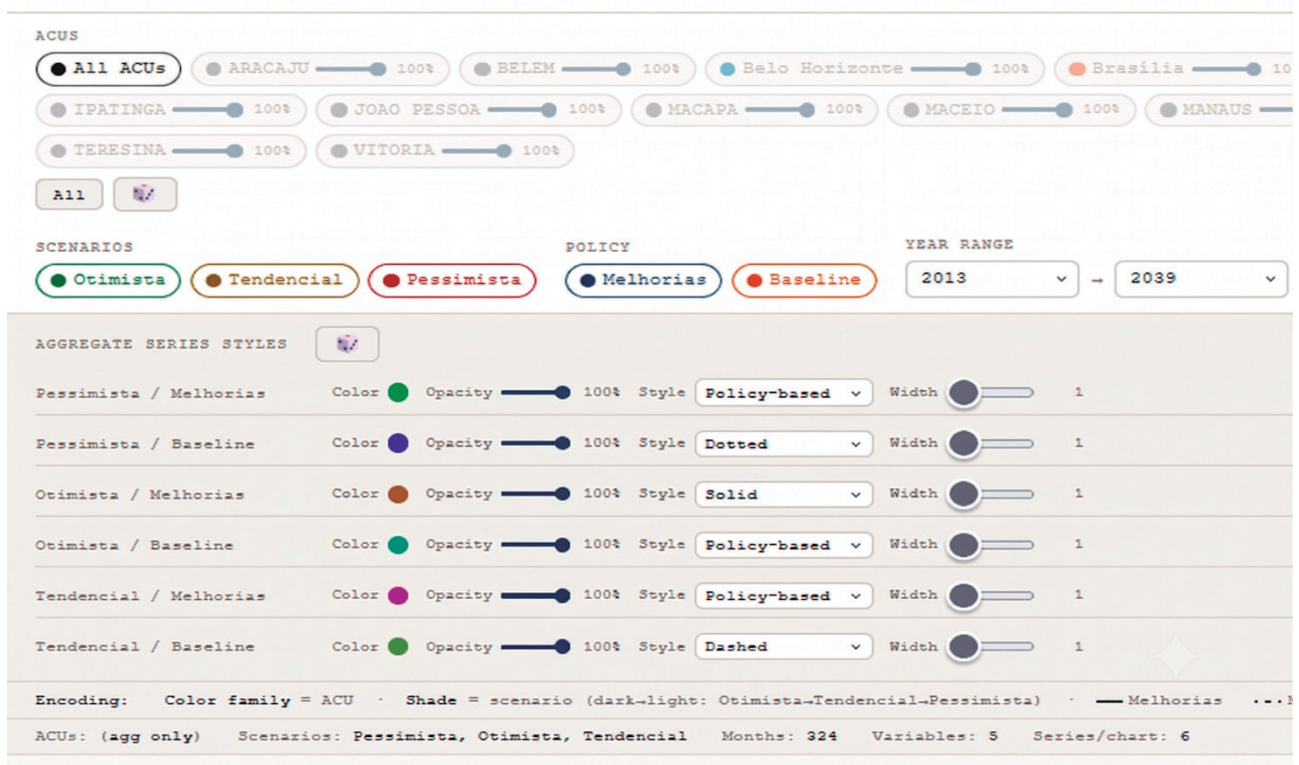


Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

FIGURA 6

Seletor de séries agregadas e suas configurações visuais



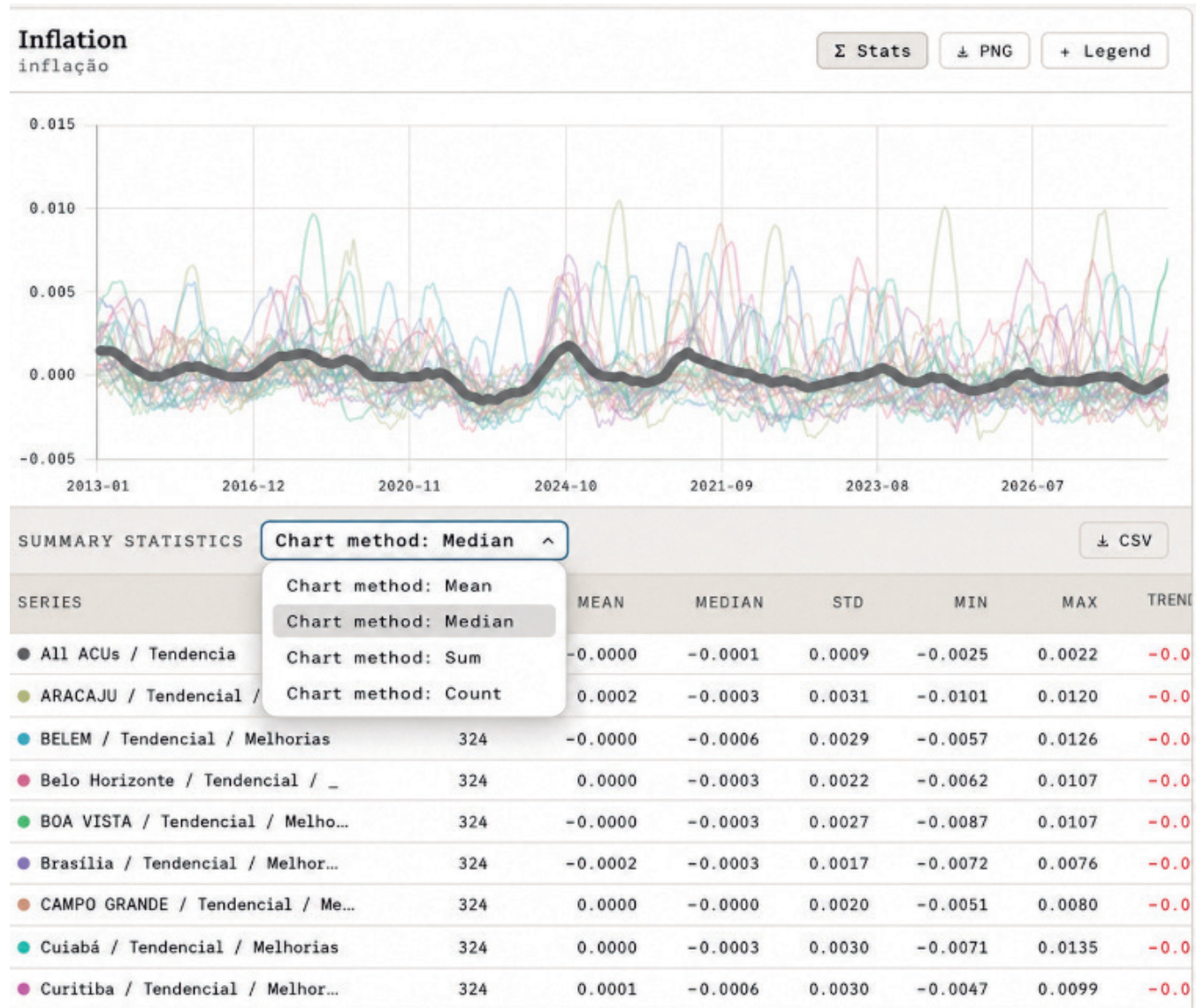
Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Ao centralizar a análise na linha agregada (*All ACUs*), o painel revela a dinâmica intrínseca do modelo. Para quantificar esse efeito, sem a necessidade de retornar aos arquivos brutos de dados, o usuário clica no botão **Σ Stats** presente em cada gráfico (figura 7). A interface abre instantaneamente um painel de estatísticas descritivas que calcula o efeito de tratamento médio ao longo do tempo (Diferença Absoluta e Percentual entre *Melhorias* e

Baseline) (figura 8). Se o analista identificar que determinada metrópole – como a ACU de Belém ou Brasília – exibe um comportamento anômalo, que desvia da média nacional, ele pode isolar essa unidade, clicando duas vezes sobre o painel de legendas compartilhadas, para renomeá-la ou ocultar as demais séries.

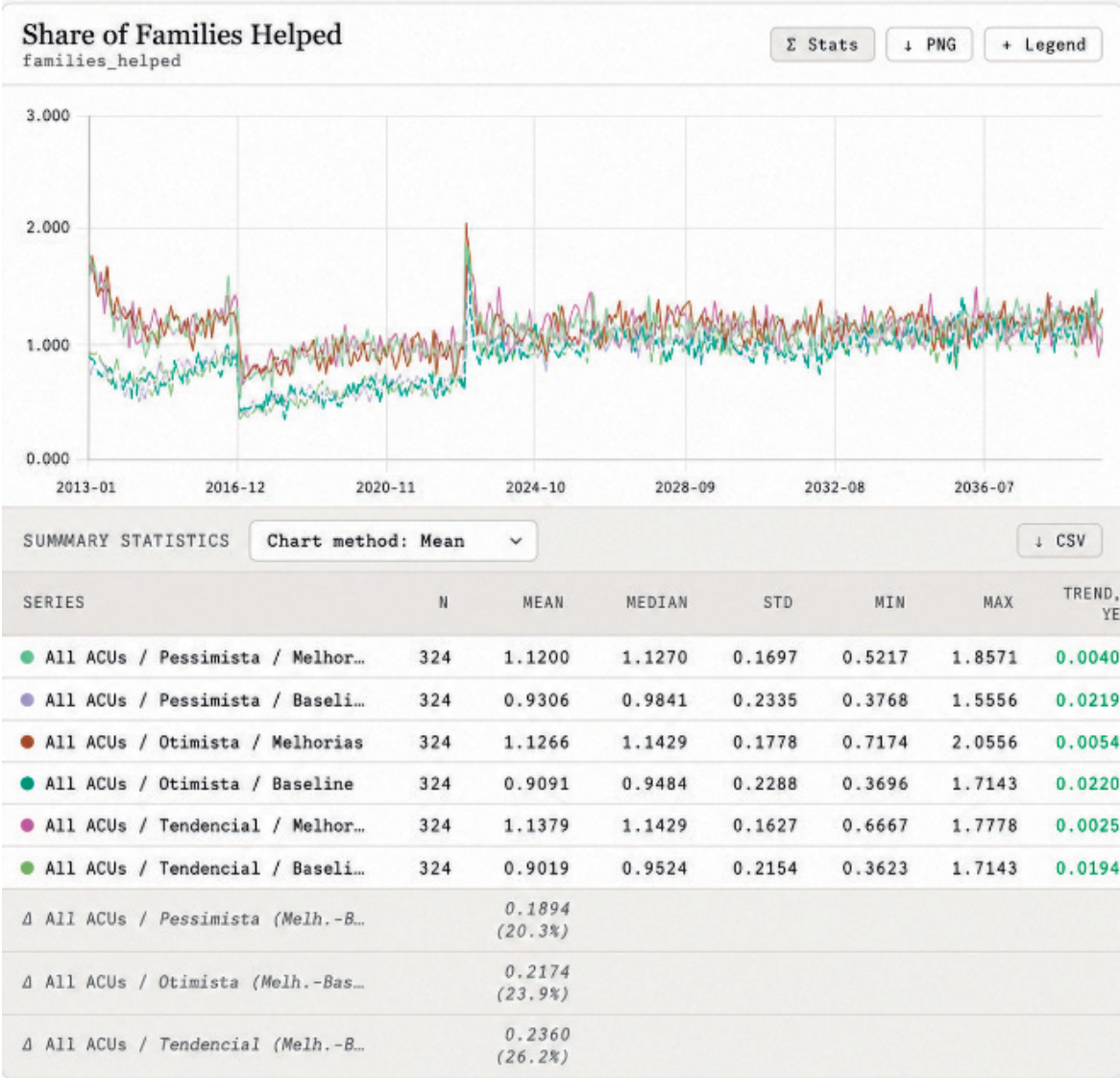
FIGURA 7
Exemplo de gráfico de série agregada comparada às séries individuais das ACUs, com as opções de agregação disponíveis



Fonte: Plataforma PolicySpace3.
Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Quando as duas modalidades de política estão ativas simultaneamente, o painel calcula automaticamente a diferença Melhorias-Baseline em termos absolutos e percentuais, fornecendo uma estimativa descritiva do efeito de tratamento médio ao longo do período simulado. Essas tabelas são exportáveis como CSV.

FIGURA 8
Exemplo de gráfico de série agregada com estatísticas e diferenças por cenário (otimista, tendencial, pessimista) e política (*baseline* vs melhorias)



Fonte: Plataforma PolicySpace3.
Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Os gráficos e legendas podem ser exportados individualmente ou em lote como arquivos PNG em resolução configurável (150, 300 ou 600 dpi, botões *PNG* e *+Legend*), com a legenda composta diretamente sobre o gráfico, quando desejado.

Uma vez mapeadas as trajetórias temporais, a transição para a compreensão dos mecanismos causais subjacentes ocorre na *Aba Correlations* (figura 9). Aqui, o painel muda o foco da série temporal para a análise de estrutura do modelo.

FIGURA 9

Visão geral da Aba Correlations



Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

O usuário pode selecionar para quais ACPS, cenários e políticas (com melhorias ou sem melhorias) deseja ver a matriz de correlação (Pearson).

FIGURA 10

Painel seletor de modo, ACUs, cenário e política

Correlation Matrix

MODE

Per ACU (compare side by side)

ACUS (27 SELECTED)

- ARACAJU
- BELEM
- BELO HORIZONTE
- BOA VISTA
- BRASÍLIA
- CAMPO GRANDE
- CUIABÁ

All None

SCENARIO

Tendencial

POLICY

Melhorias

Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

É possível selecionar conjuntos específicos de variáveis, bem como o intervalo temporal e o *layout* da visualização (lado-a-lado ou empilhado) para múltiplas matrizes.

FIGURA 11

Painel seletor de variáveis, intervalo temporal e *layout*

The image shows a web-based configuration panel for the PolicySpace3 platform. It is organized into several sections:

- POLICY:** A dropdown menu currently set to "Melhorias".
- VARIABLES:** A list of variables with checkboxes for selection. The selected variables are: GDP GROWTH RATE, UNEMPLOYMENT RATE, INFLATION, GINI INDEX, and MEDIAN PERMANENT INCOME. Other variables include POPULATION, GDP LEVEL, GDP CHANGE, PRICE LEVEL, WAGES RECEIVED, COMMUTING, and HOUSEHOLD SAVINGS.
- Buttons:** "All" and "None" buttons are located below the variable list.
- YEAR RANGE:** Two dropdown menus showing the years "2010" and "2039", separated by a right-pointing arrow.
- LAYOUT:** A dropdown menu set to "Side by side".
- Compute:** A prominent blue button at the bottom of the panel.

Fonte: Plataforma PolicySpace3.

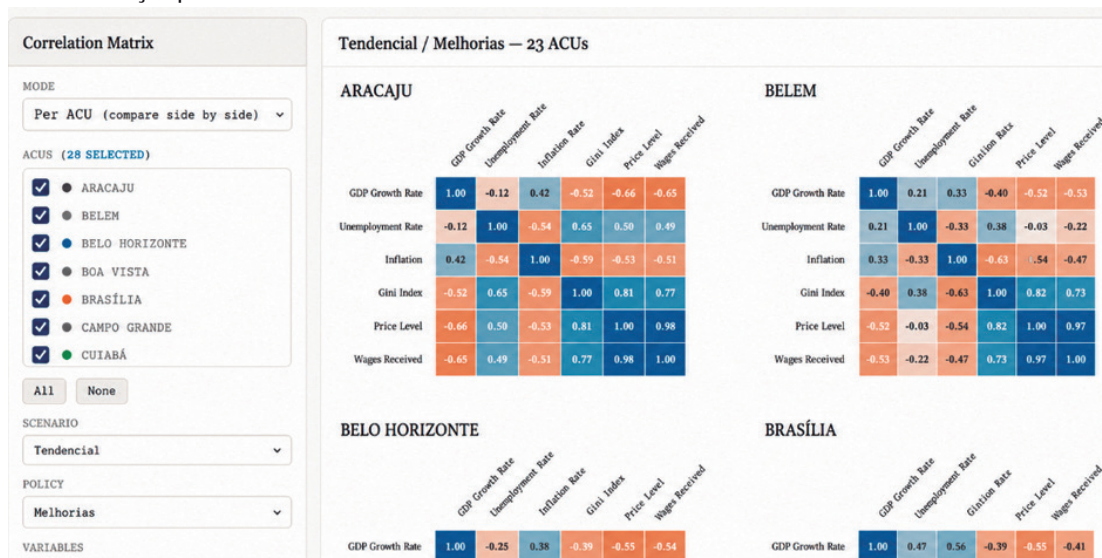
Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

O visualizador de correlações tem dois modos.

O modo *Per ACU* calcula a matriz de correlação de cada ACU individualmente para os parâmetros selecionados e permite a comparação entre diferentes ACUs para um mesmo conjunto de configurações.

FIGURA 12

Matrizes de correlação por ACU



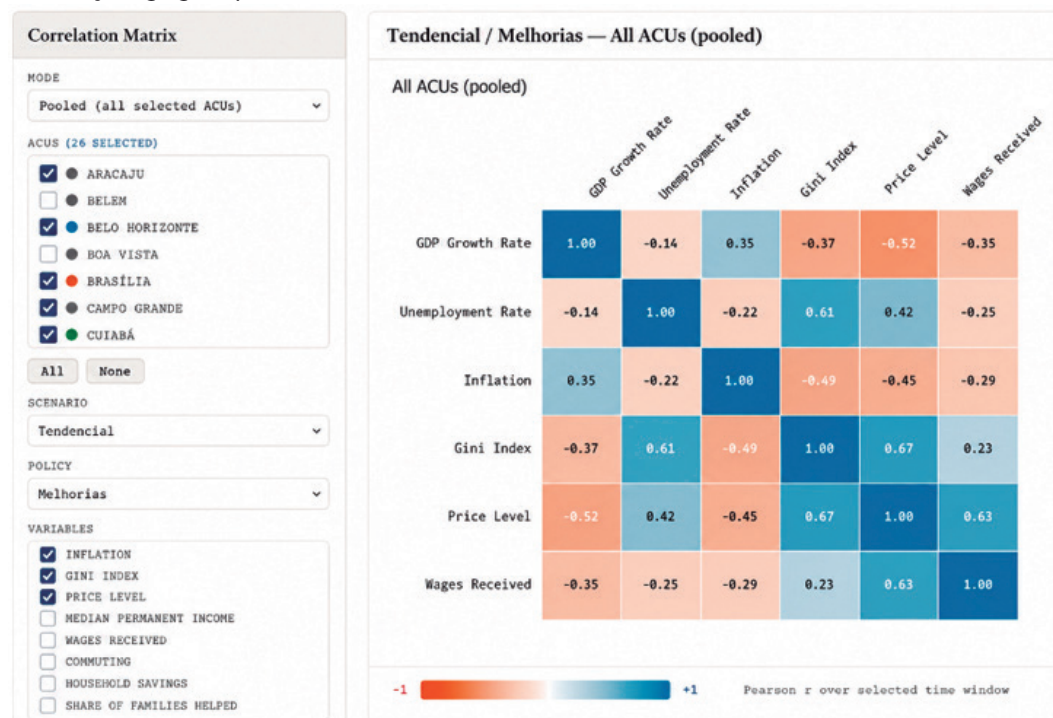
Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

O modo *pooled* concatena as séries de todas as ACUs selecionadas antes do cálculo, produzindo uma estimativa baseada em toda a variação espaço-temporal disponível.

FIGURA 13

Matriz de correlação agregada para todas as ACUs selecionadas



Fonte: Plataforma PolicySpace3.

Obs.: Ilustração reproduzida conforme o original (nota do Editorial).

Nesse ambiente de correlação, o formulador de políticas públicas pode testar visualmente a aderência do modelo PolicySpace3 a regularidades macroeconômicas empiricamente validadas (fatos estilizados). Ao analisar o mapa de calor e não obstante a necessidade de análises estatísticas mais profundas, a ferramenta permite checar, de forma preliminar, a consistência interna da simulação a partir, por exemplo, da presença de coeficientes negativos e robustos entre a taxa de crescimento do produto interno bruto (PIB) e o desemprego (Lei de Okun) e de correlações negativas entre inflação e atividade econômica (Curva de Phillips). Identificadas as associações e os padrões de interesse, o painel possibilita a exportação direta de qualquer matriz ou gráfico de séries temporais em alta resolução (configurável em 150, 300 ou 600 DPI), com as legendas compostas de forma automatizada na imagem, agilizando a produção de relatórios técnicos e artigos científicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O painel interativo documentado neste texto cumpre uma função estritamente metodológica e de suporte científico. Sua contribuição central não reside na proposição de novas teses substantivas acerca dos impactos socioeconômicos finais do módulo Melhorias, mas, sim, no fornecimento de uma infraestrutura analítica visual que mitiga os custos de processamento, interpretação e difusão de dados oriundos de simulações baseadas em agentes.

Ao converter matrizes de dados multidimensionais em narrativas gráficas dinâmicas executáveis localmente no navegador, a ferramenta preenche uma lacuna crítica na interface entre a pesquisa macroeconômica complexa e a tomada de decisão governamental. A flexibilidade dessa arquitetura – baseada em arquivos HTML autocontidos e em insumos de dados padronizados em formatos abertos – sugere que o modelo de visualização aqui proposto pode ser adaptado com facilidade a outras versões da plataforma PolicySpace, bem como a delineamentos experimentais assemelhados na literatura de modelagem urbana e regional.

REFERÊNCIAS

FURTADO, Bernardo Alves. **PolicySpace2**: modelando mercado imobiliário e políticas públicas. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11089>.

LIMA, Gustavo L. Rocha; FURTADO, Bernardo A.; LOPES, Olandia F. Innovation or contraction? Unpacking the effects of carbon taxes and subsidies on emissions in Brazil. **Energy Policy**, v. 211, 115095, 2026. DOI:10.1016/j.enpol.2026.115095.