



INFRASTRUCTURE AND URBANISM STUDIES

WORKING PAPER PPSHUB

Análise de Impacto Causal da Crise de 2008 sobre o PIB do Estado de São Paulo

Mario Antonio Margarido

Daniel Kiyoyudi Komesu

09 de abril de 2026 – Versão 01

Sumário

INTRODUÇÃO	4
OBJETIVOS	5
ENTENDENDO A CRISE FINANCEIRA DE 2008: BREVES CONSIDERAÇÕES	5
MATERIAL.....	6
MÉTODOS	7
Identificação da Quebra Estrutural: ARIMA com Análise de Intervenção.....	7
O Modelo Estrutural Bayesiano (BSTS).....	7
Avaliação de Impacto e o Método CausalImpact.....	8
Cálculo de Elasticidades.....	9
ANÁLISE DE RESULTADOS.....	10
CONSIDERAÇÕES FINAIS	22

*Æconomia Paulistana, quo debuit ivisse?*¹⁾ Uma Análise de Impacto Causal da Crise de 2008 sobre o PIB do Estado de São Paulo

Mario Antonio Margarido²

Daniel Kiyoyudi Komesu³

Resumo: Este estudo analisa o impacto da Crise Financeira Internacional de 2008 sobre o Produto Interno Bruto (PIB) do Estado de São Paulo, buscando determinar qual teria sido a trajetória econômica paulista caso o choque não tivesse ocorrido. Para isso, utiliza-se a metodologia de Impacto Causal (*CausalImpact*), fundamentada em Modelos Bayesianos de Séries Temporais Estruturais (BSTS), que permite a construção de um cenário contrafactual preciso. Complementarmente, empregou-se o modelo ARIMA com Análise de Intervenção para identificar a data exata da quebra estrutural, localizada em dezembro de 2008. Os resultados indicam que a crise provocou uma mudança estrutural permanente na economia do estado, com uma redução média de 16% no PIB em relação ao esperado. Identificou-se que o Índice de Vendas no Varejo e o Emprego Formal são os principais determinantes do PIB paulista, apresentando elasticidades de 0,56 e 0,52, respectivamente. O estudo conclui que a integração de São Paulo às cadeias globais, embora impulse o desenvolvimento, amplifica a vulnerabilidade a choques externos de liquidez e demanda.

Palavras-chave: PIB Paulista, Impacto Causal, Crise de 2008, Modelos BSTS, Inferência Bayesiana.

¹ O título em latim, traduzido para o português é “Economia Paulista, para onde deveria ter ido?”

² Dr. em Economia Aplicada. Senior Partner e Líder de Econometria da Pezco Economics e Pesquisador do PSP Hub Estudos em Infraestrutura e Urbanismo. Email: mario.margarido@pezco.com.br

³ Especialista em Data Science e Analytics. Partner Data Science da Pezco Economics. Email: danielkomesu@pezco.com.br

Abstract: This study analyzes the impact of the 2008 International Financial Crisis on the Gross Domestic Product (GDP) of the State of São Paulo, aiming to determine what the economic trajectory would have been had the shock not occurred. The *CausalImpact* methodology is applied, based on Bayesian Structural Time Series (BSTS) models, which allows for the construction of a precise counterfactual scenario. Additionally, an ARIMA model with Intervention Analysis was used to identify the exact date of the structural break, found in December 2008. Results indicate that the crisis caused a permanent structural change in the state's economy, resulting in an average 16% reduction in GDP compared to the projected counterfactual. The Retail Sales Index and Formal Employment were identified as the main determinants of São Paulo's GDP, with elasticities of 0.56 and 0.52, respectively. The study concludes that São Paulo's integration into global chains, while driving development, amplifies its vulnerability to external liquidity and demand shocks.

Keywords: São Paulo GDP, CausalImpact, 2008 Financial Crisis, BSTS Models, Bayesian Inference.

INTRODUÇÃO

A economia paulista, historicamente consolidada como o epicentro industrial e financeiro do Brasil, apresenta uma dinâmica de crescimento intrinsecamente ligada aos fluxos globais de capital e comércio. Essa integração, embora impulse o desenvolvimento regional, torna o Produto Interno Bruto (PIB) do estado vulnerável a choques externos, como observado na crise financeira de 2008. Conforme discutido por Canuto (2009), o contágio dessa crise sobre a economia real brasileira ocorreu de forma acelerada através do canal do crédito, atingindo São Paulo com particular intensidade devido à sua robusta estrutura de bens de capital e serviços financeiros.

Nesse contexto, a análise de séries temporais torna-se indispensável para compreender a magnitude desses choques e a eficácia das respostas políticas. Tradicionalmente, modelos autorregressivos eram suficientes para previsões em períodos de estabilidade; contudo, eventos disruptivos exigem abordagens mais sofisticadas que consigam distinguir flutuações sazonais de rupturas estruturais. Entre essas ferramentas, destaca-se o modelo de Impacto Causal (*CausalImpact*). Baseado em inferência bayesiana e modelos estruturais de séries temporais, o *CausalImpact* permite estimar o efeito de uma intervenção específica, neste caso, a crise de 2008, ao contrastar o comportamento real dos dados com um "contrafactual" (o que teria acontecido caso a crise não ocorresse). Essa metodologia proporciona uma medição mais precisa e honesta da incerteza, permitindo que gestores e pesquisadores quantifiquem não apenas a queda imediata do PIB, mas também o tempo de recuperação e a perda acumulada de riqueza para o estado.

OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é estimar o efeito causal da Crise Financeira Internacional de 2008 sobre o PIB do Estado de São Paulo, utilizando a metodologia *CausalImpact* (BSTS) para construir e comparar a trajetória real com um cenário contrafactual. Como objetivos secundários, busca-se: (i) identificar a data exata da quebra estrutural na série do PIB paulista por meio de modelo ARIMA com Análise de Intervenção; (ii) determinar as variáveis com maior poder explicativo sobre o comportamento do PIB paulista no âmbito do modelo BSTS; e (iii) calcular as elasticidades das variáveis explicativas identificadas.

ENTENDENDO A CRISE FINANCEIRA DE 2008: BREVES CONSIDERAÇÕES

A crise financeira de 2008, originada no mercado de subprime norte-americano, impactou a economia paulista de forma severa devido à sua característica de ser o centro financeiro e industrial do Brasil. Diferente de crises anteriores, o choque de 2008 atingiu São Paulo através de dois canais principais: o canal financeiro (restrição súbita de crédito) e o canal comercial (queda na demanda externa por produtos manufaturados).

O estado de São Paulo, por possuir uma pauta de exportação diversificada e uma indústria de transformação integrada às cadeias globais, sentiu a retração de forma mais acentuada que a média nacional em certos trimestres. De acordo com dados compilados pela Fundação Seade (2009), o PIB paulista apresentou uma queda significativa na virada de 2008 para 2009. Enquanto o agronegócio no interior do estado serviu como um amortecedor parcial, o setor industrial da Região Metropolitana de São Paulo e do ABC paulista sofreu com a paralisação de linhas de produção, especialmente no setor automotivo e de bens de capital.

Como aponta Barbosa (2010), as políticas anticíclicas adotadas pelo governo federal, como a redução do IPI para automóveis e a expansão do crédito via bancos públicos, foram fundamentais para que a recuperação do PIB paulista em 2010 fosse vigorosa (o chamado "vôo da fênix"). No entanto, a crise marcou o início de uma discussão sobre a vulnerabilidade da indústria paulista a choques externos de liquidez e a necessidade de modelos de previsão que considerassem riscos sistêmicos mais complexos.

MATERIAL

Foram utilizadas cinco séries temporais mensais, abrangendo o período de janeiro de 2002 a abril de 2025. As variáveis consideradas, com suas respectivas fontes, foram: o Índice do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado de São Paulo, obtido junto à Fundação Seade (2025); as séries da Pesquisa Mensal do Comércio (PMC) restrita, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025); o número de trabalhadores formais no Estado de São Paulo, com base no novo Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), conforme Brasil (2025); a taxa de juros over Selic; e a taxa de câmbio média mensal de venda, ambas extraídas do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2025a; 2025b).

A opção pela PMC restrita justifica-se pela necessidade de isolar o consumo de bens de ciclo curto, minimizando o ruído decorrente de setores mais dependentes de crédito de longo prazo, como o automotivo⁴. Como variável de controle para a construção do contrafactual no modelo bayesiano, selecionou-se a PMC restrita apurada pelo IBGE. Essa escolha decorre de sua elevada sensibilidade a choques de renda e crédito, bem como de sua forte correlação histórica com o PIB paulista. Ao empregar uma variável de consumo nacional ou regional que não constitui o foco direto da intervenção, o modelo consegue captar a tendência comum do mercado e isolar o efeito específico da crise de 2008 sobre a estrutura produtiva paulista.

Outra variável incorporada foi o número de trabalhadores formais no Estado de São Paulo, com base no novo CAGED. Também foram testadas as variáveis taxa de juros over Selic e taxa de câmbio média mensal de venda. Convém adiantar, contudo, que a variável juros não se mostrou relevante para a especificação final do modelo.

Cabe salientar que a variável produção industrial paulista não foi utilizada em virtude das exigências do modelo *CausalImpact*. Para que o modelo seja robusto, a variável de controle deve apresentar, idealmente, comportamento bastante semelhante ao da variável dependente no período pré-intervenção, sem, contudo, ter sido diretamente afetada pelo evento sob análise. Em outras palavras, a variável de controle deve contribuir para prever como a variável dependente teria evoluído na ausência do choque, isto é, no contrafactual. A análise gráfica mostrou que o PIB e a produção industrial paulista exibem comportamento praticamente idêntico, ao passo que a PMC se revelou mais resiliente aos impactos da crise

⁴ O IBGE divulga duas séries para o varejo: restrita e ampliada. A distinção entre ambas reside no fato de que o varejo restrito não contempla as vendas de automóveis, motocicletas, peças automotivas e material de construção.

financeira de 2008, mantendo, simultaneamente, correlação com o PIB. Situação semelhante foi observada para a variável emprego, uma vez que o mercado de trabalho, em função da legislação trabalhista vigente à época, apresentava maior rigidez, retardando os efeitos da crise sobre essa dimensão.

MÉTODOS

Identificação da Quebra Estrutural: ARIMA com Análise de Intervenção

Para identificar com precisão a data da quebra estrutural na série do PIB paulista, utilizou-se o Modelo Autorregressivo Integrado de Médias Móveis (ARIMA) com Análise de Intervenção, com base nos trabalhos de Box e Tiao (1975) e Vandaele (1983). Cabe notar que essa etapa não é um fim em si mesma, mas sim uma etapa de validação do *design* do estudo: ela atesta estatisticamente a existência de uma ruptura e, principalmente, identifica com precisão o *timing* do choque, fornecendo o marco temporal que o modelo *CausalImpact* utilizará para separar os períodos pré e pós-intervenção.

O Modelo Estrutural Bayesiano (BSTS)

O Modelo Estrutural permite a decomposição de séries temporais em componentes não observáveis — tendência, sazonalidade, ciclo e componente irregular. De acordo com Margarido et al. (2020, p. 8), o modelo desagrega a tendência em nível e inclinação, possibilitando determinar se ambos variam ao longo do tempo. Uma característica que torna o Modelo Bayesiano Estrutural particularmente adequado para este estudo é sua capacidade de lidar com componentes não observáveis sem exigir estacionariedade a priori, ao contrário do ARIMA, além de permitir a quantificação explícita da incerteza por meio de distribuições posteriores.

O modelo BSTS tem como base a estrutura de Espaço de Estado (*State Space*), conforme apresentado em Brodersen et al. (2015). Matematicamente:

$$y_t = Z_t^T \alpha_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\alpha_{t+1} = T_t \alpha_t + R_t \eta_t \quad (2)$$

onde $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$ e $\eta_t \sim N(0, Q_t)$ são independentes. A equação (1) é denominada equação de observação, faz a ligação entre os dados observados y_t e um vetor de estado latente α_t . A equação (2) é a equação de transição, que rege a evolução de α_t ao longo do tempo. Adicionando o componente de regressão ao modelo estrutural, conforme Scott e Varian (2014):

$$y_t = \mu_t + \tau_t + \beta^T x_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \delta_{t-1} + u_t \quad (4)$$

$$\delta_t = \delta_{t-1} + v_t \quad (5)$$

$$\tau_t = -\sum_{s=1}^{S-1} \tau_{t-s} + \omega_t \quad (6)$$

Nessas equações, μ_t representa o nível corrente da tendência; δ_t , sua inclinação; e τ_t , o componente sazonal. O vetor x_t incorpora os regressores externos contemporâneos. Em suma, as equações (3) a (6) permitem que o modelo decomponha o PIB paulista em sua tendência de longo prazo, efeitos sazonais e o impacto contemporâneo das variáveis de controle. É a partir dessa decomposição no período pré- crise que o modelo estima o comportamento da economia no período pré- crise e projeta o cenário contrafactual.

Quadro 1. Componentes do Modelo BSTS: Principais Especificações

Modelo	Características	Equação Simplificada
AddLocalLevel	Nível estocástico; média da série varia suavemente no tempo	$y_t = \mu_t + \varepsilon_t; \mu_{t+1} = \mu_t + \eta_t$
AddLocalTrend	Nível e tendência estocásticos	$\mu_{t+1} = \mu_t + \delta_t + \eta_t; \delta_{t+1} = \delta_t + \eta_{\delta,t}$
AddAutoAR	Componente AR(p); captura dependência de valores passados	$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$
AddDynamicRegression	Coefficientes dinâmicos; impacto dos regressores varia no tempo	$y_t = \beta_t X_t + \varepsilon_t; \beta_{t+1} = \beta_t + \eta_{\beta,t}$

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Brodersen e Hauser (2022) e Scott e Varian (2014).

Avaliação de Impacto e o Método CausalImpact

A Avaliação de Impacto busca responder, com rigor científico, se uma determinada intervenção, e somente ela, causou alteração na variável de resultado. Conforme Gertler et al. (2018), o efeito causal de um programa (P) sobre uma variável de interesse (Y) é representado por:

$$\Delta = (Y|P = 1) - (Y|P = 0)$$

O termo $(Y|P = 0)$ representa o contrafactual: o resultado que teria sido observado na ausência da intervenção. Como esse valor não é diretamente observável, é necessário estimá-lo. A dificuldade em aplicar os métodos tradicionais de avaliação de impacto, como Diferenças-em-Diferenças (*Dif-in-Dif*), Regressão Descontínua (RDD) ou Variáveis Instrumentais (VI), ao presente objeto de estudo reside na impossibilidade de se construir um

grupo de controle válido para o Estado de São Paulo: qual unidade federativa não teria sido afetada pela crise de 2008 de forma independente?

É nesse contexto que o *CausalImpact*, baseado em modelos BSTS, constitui uma alternativa particularmente adequada. O método combina componentes estruturais da série com regressores externos e produz distribuições posteriores para os efeitos estimados, criando um "controle sintético" sem necessidade de grupo de controle externo explícito. Sua aplicação, contudo, depende de pressupostos substantivos: a relação entre a série tratada e os preditores deve permanecer estável no período pós-intervenção, e esses preditores não podem ter sido diretamente afetados pelo evento analisado. Assim, os resultados apresentados neste artigo devem ser interpretados à luz dessas condições de validade.

Quadro 2. Comparativo entre Métodos Tradicionais de Avaliação e o CausalImpact (BSTS)

Critério	Modelos Tradicionais (Dif-in-Dif, PSM, RDD)	CausalImpact (BSTS)
Grupo de controle	Sim	Não necessário (usa série histórica)
Tipo de dados	Cross-section, painel	Séries temporais
Suposições centrais	Paralelismo (Dif-in-Dif); exogeneidade (VI)	Estabilidade pós-intervenção; preditores não afetados
Quantificação da incerteza	Intervalos de confiança frequentistas	Intervalos de credibilidade bayesianos
Melhor uso	Quando há grupos comparáveis	Quando só há dados temporais da unidade tratada

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cálculo de Elasticidades

Como o modelo foi estimado sem aplicação do operador logaritmo, uma vez que o objetivo é determinar a trajetória do PIB em nível, as elasticidades médias foram obtidas, conforme Gujarati (2012), pela seguinte fórmula:

$$\varepsilon = \beta \times (\bar{X} / \bar{Y})$$

onde ε é a elasticidade, β é o coeficiente estimado, \bar{X} é a média da variável independente e \bar{Y} é a média da variável dependente.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste artigo, como há variáveis que apresentam sazonalidade foram utilizadas as variáveis dessazonalizadas⁵, conforme apresentado nas suas respectivas fontes primárias.

Outro aspecto a ser realçado é que a opção do Modelo BSTS escolhido, recaiu sobre o modelo Autorregressivo. Conjuntamente, foi utilizado um modelo de regressão com coeficientes estáticos. É importante destacar que as séries temporais de controle que não receberam tratamento são críticas para a obtenção de previsões contrafactuais precisas, pois levam em conta os componentes de variância compartilhados pela série, incluindo, em particular, os efeitos de outras causas não observadas que, de outra forma, não seriam explicadas pelo modelo. Portanto, é necessário incluir séries de controle no modelo por meio de uma regressão linear. Seus coeficientes podem ser estáticos ou variáveis no tempo. Neste caso, todas as covariáveis são consideradas contemporâneas; sendo que, o modelo aqui utilizado infere a inclusão de termos defasados entre séries temporais tratadas e não tratadas, uma vez que, caso seja necessário, defasagens podem ser facilmente incorporadas deslocando o regressor correspondente a determinada variável no tempo.

A utilização do Modelo ARIMA com Análise de Intervenção, indicou a necessidade de um parâmetro autorregressivo de ordem um, além de oito *outliers* na série do PIB paulista. Todos os *outliers* são estatisticamente significativos ao nível de significância de 1%. O *outlier* de interesse específico para este estudo é o *outlier* que capta a quebra estrutural decorrente da Crise Financeira Internacional de 2008, sendo que, nesse caso, trata-se de um *outlier* do tipo *Temporary Change (TC08.12)*, localizado em dezembro de 2008 (Tabela 1). Com base nesse resultado, será utilizada como *timing* do choque na série dezembro de 2008 para a estimação do Modelo *CausalImpact*.

Tabela 1. Número e Tipos de *Outliers*, PIB Paulista, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Valor t Student
<i>TC08.12*</i>	-4,7175638	0,9154872	-5,15
<i>TC14.03*</i>	3,6846975	0,91782188	4,01
<i>LS14.04**</i>	-3,6646946	0,95021254	-3,86
<i>AO18.05***</i>	-4,5971317	0,79773707	-5,76
<i>TC20.04*</i>	-9,446731	0,97772923	-9,66
<i>IO08.03****</i>	3,4869704	1,0006204	3,48
<i>IO20.06****</i>	3,157196	1,04602745	3,02

⁵ Detalhes sobre o componente sazonal, assim como todo o processo para remoção da sazonalidade, podem ser encontrados em Margarido (2021).

<i>IO20.07****</i>	3,6617475	1,03526353	3,54
ϕ_1	-0,3246953	0,05499269	-5,90

Temporary Change (TC)*, *Level Shift*, ****Additive Outlier*, *****Innovational Outlier*.

Fonte: Elaborada a partir de dados básicos da Fundação Seade.

É necessário realçar que foram testados diversos tipos de modelos BSTS, sendo que, o que melhor se ajustou foi o Modelo BSTS Autorregressivo. Também é necessário realçar que a escolha do número de defasagens foi determinada automaticamente, o qual, indicou, somente, o componente Autorregressivo de Ordem 1 (AR (1)).

Para a definição das variáveis escolhidas para a estimação final do Modelo BSTS, foram utilizados dois critérios simultâneos. A probabilidade de inclusão de cada variável e o seu respectivo sinal, o qual tem de estar coerente com o que preceitua a Teoria Econômica.

Na Figura 1, a barra com cor branca indica que a relação entre a variável dependente e o respectivo regressor é direta, ou seja, é positiva. A barra na cor preta, indica que a relação é inversa, ou seja, é negativa. Finalmente a barra na cor cinza, indica indeterminação do sinal. Em relação às variáveis *PMC_SP* e *NOVO_CAGED_TOTAL*, além de apresentarem elevada probabilidade de inclusão, os respectivos sinais positivos estão coerentes com a Teoria Econômica, ou seja, variações positivas nas variáveis *PMC_SP* e *NOVO_CAGED_TOTAL*, induzem variações positivas no *PIB_SP*. Por outro lado, nos casos das variáveis *SELIC_OVER* e *CREDITO_TOTAL*, apesar de serem relevantes em termos de inclusão de probabilidade, seus sinais estão trocados em relação à Teoria Econômica. No caso da taxa de juros, a expectativa era de que, o aumento na taxa de juros reduz investimentos e impactam o *PIB_SP* negativamente, no entanto a inclusão de probabilidade mostra que a relação é direta. No caso da variável crédito, a inclusão de probabilidade indica que a relação é inversa, sendo contrária ao que era esperado, ou seja, quanto maior o volume de crédito, mais investimentos serão efetuados e o resultado será o aumento do *PIB_SP*, não sua diminuição. Quanto ao efeito câmbio, a cor cinza, indica que o sinal é indeterminado.

Com base nos resultados da Figura 1, será adotada a estratégia do geral para o específico em relação a escolha das variáveis. Neste caso, o critério é remover uma variável de cada vez e reestimar o modelo, novamente. Como a variável *CREDITO_TOTAL* é a variável com menor inclusão de probabilidade entre as variáveis com os sinais trocados, inicialmente, a primeira variável a ser removida será o crédito.

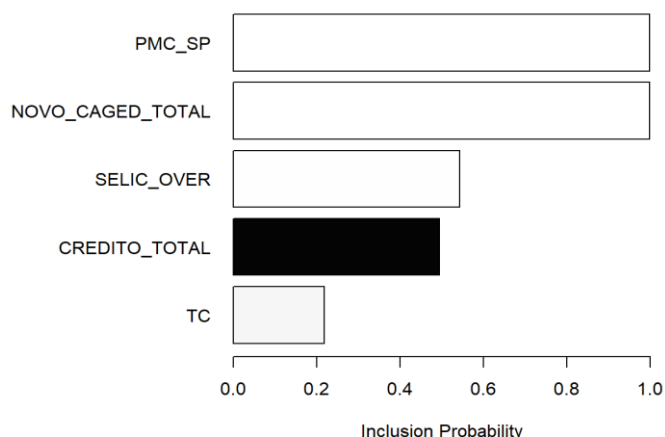


Figura 1. Probabilidade de Inclusão, Variável Dependente *PIB_SP*, Variáveis Independentes *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL*, *SELIC_OVER*, *CREDITO_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

A nova estimação do Modelo BSTS mostrou que a variável *SELIC_OVER*, continua com sinal positivo, indo contra o que preceitua a Teoria Econômica, sendo assim, também, foi removida do modelo⁶.

O resultado é apresentado na Figura 2, sendo que, as variáveis *NOVO_CAGED_TOTAL*, *PMC_SP* e *TC* apresentam elevado grau de participação percentual no Modelo BSTS, além disso as três variáveis apresentam sinais positivos, ou seja, estão coerentes com o que preceitua a Teoria Econômica. Portanto, o Modelo BSTS utilizará essas três variáveis como regressores para explicar o comportamento do PIB paulista.

⁶ Por uma questão de espaço, seu gráfico de probabilidade inclusão, não será aqui apresentado.

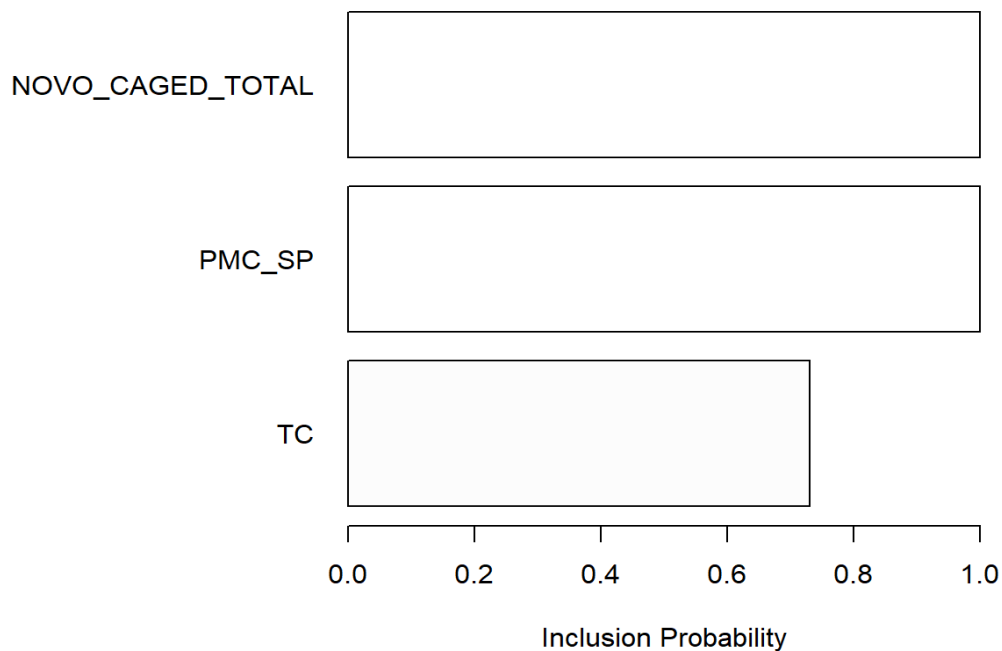


Figura 2. Probabilidade de Inclusão, Variável Dependente *PIB_SP*, Variáveis Independentes *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

A Figura 3 apresenta a relevância da Probabilidade Inclusão para cada variável do modelo a ser estimado. As variáveis *NOVO_CAGED_TOTAL* e *PMC_SP* mostram alta relevância enquanto, a variável *TC* apresenta média relevância.

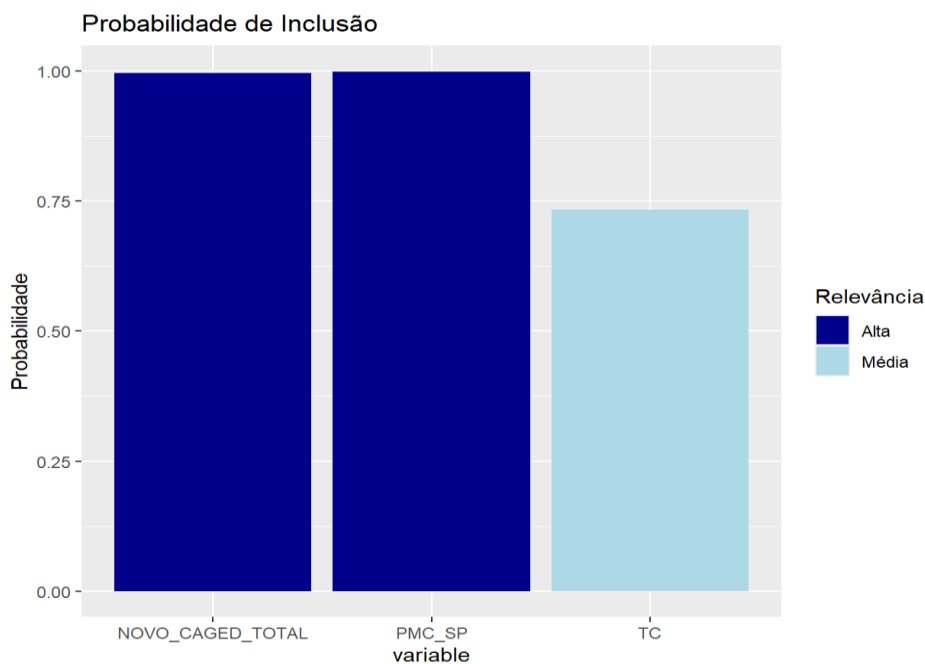


Figura 3. Relevância da Probabilidade de Inclusão, Variáveis *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

Para ter uma dimensão mais precisa da relevância da Probabilidade de Inclusão para cada variável, a Tabela 2, apresenta os principais indicadores de relevância para cada variável do Modelo BSTS. Em ordem decrescente, a variável mais relevante é a *PMC_SP*, cuja Probabilidade de Inclusão é de 99,96%, seguida de perto pela variável *NOVO_CAGED_TOTAL*, sendo que sua Probabilidade de Inclusão é igual a 99,63%. Finalmente, tem-se a variável *TC*, cuja Probabilidade de Inclusão é da ordem de 73,41%.

Tabela 2. Covariável, Coeficiente Estimado, Probabilidade de Inclusão e Erro Padrão, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Covariável	Coeficiente Estimado	Probabilidade de Inclusão	Erro Padrão
<i>PMC_SP</i>	6,59E-01	0,9996	1,65E-01
<i>NOVO_CAGED_TOTAL</i>	1,43E-06	0,9963	4,13E-07
<i>TC</i>	1,70E+00	0,73415	1,21E+00

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

Uma vez determinada a escolha das variáveis, a Tabela 3, apresenta suas respectivas estatísticas básicas.

Tabela 3. Estatísticas Básicas, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

	<i>PMC_SP</i>		<i>NOVO_CAGED_TOTAL</i>		<i>TC</i>
Mínimo	0,0000	Mínimo	-4,900E-06	Mínimo.	-1,561
1° Quartil.	0,5560	1° Quartil	1,209E-06	1° Quartil.	0,000
Mediana	0,6554	Mediana	1,436E-06	Mediana	2,089
Média	0,6592	Média	1,430E-06	Média	1,698
3° Quartil.	0,7572	3° Quartil	1,670E-06	3° Quartil.	2,549
Máximo	2,8185	Máximo	3,081E-06	Máximo	9,563

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

Diferentemente da abordagem frequentista, a estatística bayesiana emprega Intervalos de Credibilidade em vez de Intervalos de Confiança. O Quadro 3 apresenta uma síntese das principais diferenças entre esses dois conceitos.

Quadro 3. Características, Intervalo de Confiança e Intervalo de Credibilidade

Característica	Intervalo de Confiança (Frequentista)	Intervalo de Credibilidade (Bayesiano)
----------------	---------------------------------------	--

Interpretação Probabilística	Não aplicável ao parâmetro (só ao método)	Direta ("probabilidade do parâmetro estar no intervalo")
Base Teórica	Distribuição amostral do estimador	Distribuição posterior do parâmetro
Incorpora Prior*	Não	Sim
Exemplo de Afirmação	"95% dos ICs conteriam o parâmetro"	"95% de chance do parâmetro estar aqui"

*Conhecimento Prévio.

Fonte: Elaborado pelos autores

Como o Modelo BSTS se fundamenta na abordagem bayesiana, é necessário estimar os Intervalos de Credibilidade associados a cada parâmetro. A Tabela 4 apresenta os valores médios dos coeficientes, seus intervalos de 2,5% e 97,5% e as probabilidades de inclusão das variáveis. Observa-se que todas as estimativas pontuais se situam dentro de seus respectivos intervalos, o que indica consistência interna do modelo e alinhamento entre os valores estimados e a incerteza prevista.

Como o modelo selecionado foi um processo autorregressivo de ordem 1, torna-se necessário avaliar sua estabilidade. Para que o modelo seja considerado estacionário, o coeficiente autorregressivo deve ser inferior a um. Valores iguais ou superiores a essa marca indicariam comportamento não estacionário e variância explosiva, incompatíveis com um modelo adequadamente especificado⁷.

A Tabela 4 apresenta a estimativa média do parâmetro autorregressivo ϕ_1 , cujo valor é 0,6799. Por estar abaixo de 1, o modelo pode ser considerado estacionário. Além disso, o intervalo de credibilidade de 95%, variando de 0,151 a 0,993, confirma que o componente AR(1) mantém comportamento compatível com a estabilidade requerida para a especificação adotada.

⁷ Detalhes, bem como discussão sobre raiz unitária, estacionariedade e como conduzir testes de raiz unitária, podem ser encontrados em Margarido e Anefalos (1999).

Tabela 4. Estimativas do Parâmetro ϕ_1 , Média, Desvio Padrão, Valor Mínimo e Máximo, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Estatística	Valor
Média ϕ_1	0,6799
Desvio Padrão	0,2373
Valor Mínimo	-0,4249
Valor Máximo	1,0000

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

A Figura 4 confirma visualmente a estacionariedade do modelo, já que 100% das interações do parâmetro AR(1) permanecem abaixo de 1. A distribuição estimada encontra-se integralmente dentro da faixa de estacionariedade delimitada pelas linhas vermelhas na figura, reforçando a adequação do modelo.

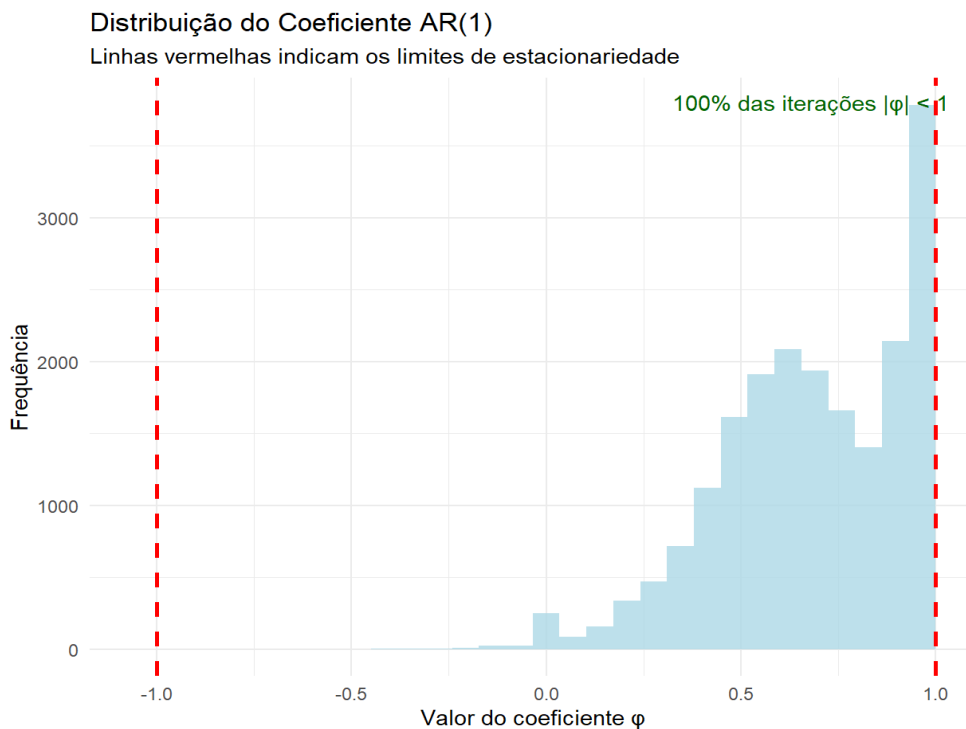


Figura 4. Distribuição do Coeficiente AR(1) e Região de Estacionariedade, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

O passo seguinte consistiu na estimação dos parâmetros médios das variáveis incluídas no Modelo BSTS. Os resultados indicam que os três coeficientes estimados permanecem dentro de seus respectivos Intervalos de Credibilidade, todos estritamente positivos, o que reforça a relevância estatística das variáveis selecionadas para a explicação do comportamento do PIB paulista.

Tabela 5. Variáveis, Coeficientes Médios, Intervalos de Credibilidade e Probabilidade de Inclusão, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Variável	Coeficiente Médio	IC_2.5*	IC_97.5*	Probabilidade de Inclusão
<i>PMC_SP</i>	6,59E-01	3,59E-01	9,72E-01	0,9996
<i>NOVO_CAGED_TOTAL</i>	1,43E-06	7,44E-07	2,14E-06	0,99315
<i>TC</i>	1,70E+00	0,00E+00	3,38E+00	0,72655

*Intervalo de Credibilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

De forma complementar, é possível avaliar o efeito de cada regressor por meio de sua distribuição posterior, apresentada nas Figuras 5, 6 e 7. Quando o intervalo de credibilidade não inclui zero, há evidência de impacto estatisticamente significativo, indicando que o efeito estimado é positivo.

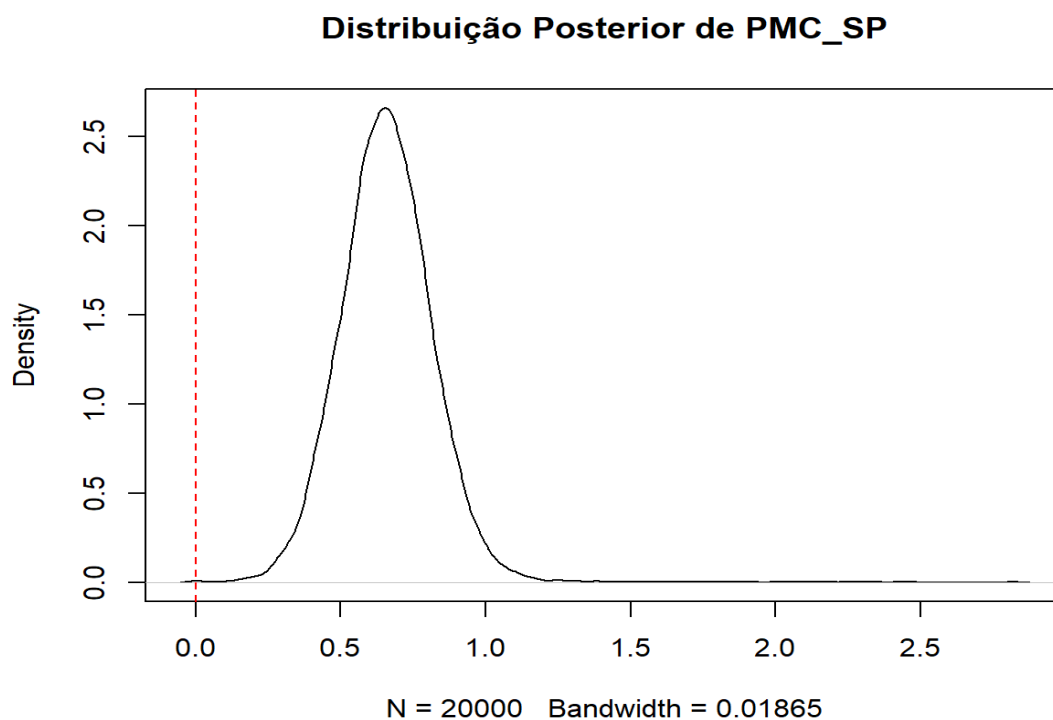


Figura 5. Distribuição Posterior, Variável *PMC_SP*, São Paulo, janeiro de 2002 – abril de 2025

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

As distribuições posteriores das variáveis *PMC_SP* e *NOVO_CAGED_TOTAL* concentram-se majoritariamente acima de zero (Figuras 5 e 6), em linha com os resultados da Tabela 5, o que reforça sua relevância para explicar o PIB. No caso da variável *TC*, a Figura 7

mostra que uma pequena parte da distribuição se situa abaixo de zero, indicando maior incerteza. Embora o intervalo de credibilidade inclua zero, sugerindo possível efeito fraco ou nulo, o limite inferior coincide exatamente com esse valor na Tabela 5. Assim, a variável é mantida no modelo.

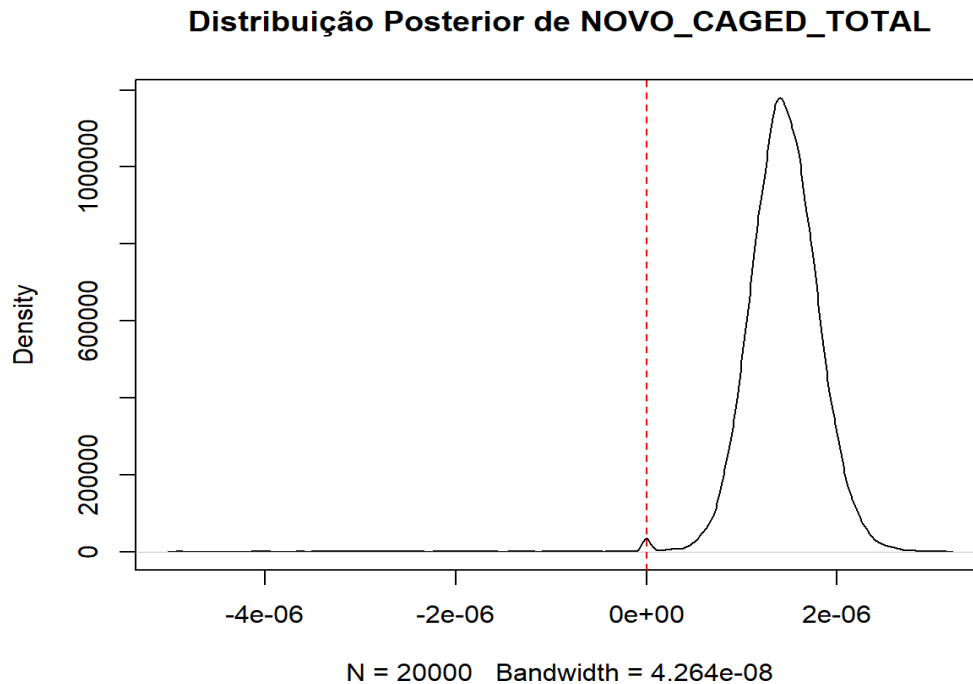


Figura 6. Distribuição Posterior, Variável *NOVO_CAGED_TOTAL*, Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025
Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

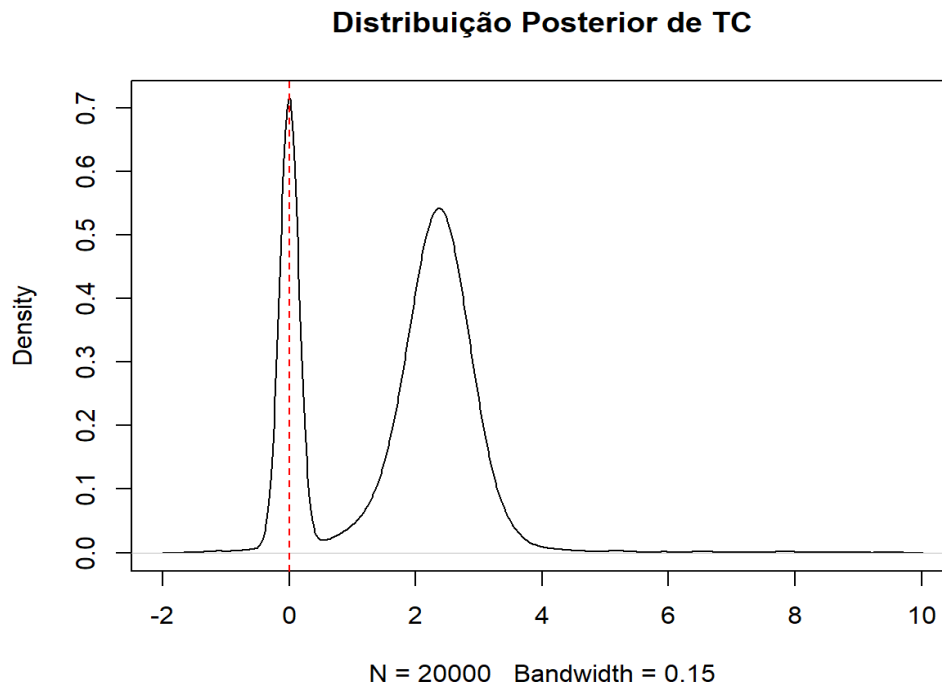


Figura 7. Distribuição Posterior, Variável *TC*, Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

Foram então estimadas as elasticidades. Conforme apresentado na Tabela 6, um aumento de 1% na *PMC_SP* eleva o *PIB_SP* em 0,56%. Da mesma forma, uma variação de 1% no *NOVO_CAGED_TOTAL* implica crescimento de 0,52% no PIB paulista. Já a *TC* apresenta impacto significativamente menor: uma variação de 1% gera apenas 0,05% de alteração no PIB. Em todos os casos, as relações são inelásticas, sendo a *PMC_SP* a variável de maior influência, seguida de perto pelo *NOVO_CAGED_TOTAL*, enquanto o câmbio exerce o menor efeito.

Tabela 6. Elasticidades, Intervalos de Credibilidade, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Variável	Elasticidades	Intervalo de Credibilidade 2.5%	Intervalo de Credibilidade 97.5%
<i>PMC_SP</i>	0,5621663	0,3058813	0,8285455
<i>NOVO_CAGED_TOTAL</i>	0,5273168	0,2743608	0,7901524
<i>TC</i>	0,05569699	0,0000000	0,1107396

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

No Modelo *CausalImpact*, a parte superior da Figura 8 mostra a trajetória observada do *PIB_SP* (linha cheia) e a trajetória contrafactual estimada (linha tracejada), isto é, o caminho esperado na ausência da Crise Financeira de 2008. Os resultados sugerem efeito

permanente: apesar da recuperação ao longo do tempo, o PIB não retornou ao patamar prévio à crise.

A parte central da Figura 8 apresenta o desvio entre os valores observados e os previstos pelo modelo, indicando tendência de redução do saldo líquido ao longo do período. O comportamento a partir de dezembro de 2008 difere do padrão observado anteriormente, sugerindo que a Crise Financeira Internacional de 2008, em conjunto com as mudanças estruturais do pós-crise, gerou efeitos persistentes sobre o PIB do Estado de São Paulo e, possivelmente, sobre sua estrutura econômica.

Por fim, a parte inferior da Figura 8 apresenta o efeito acumulado mês a mês sobre o PIB do Estado de São Paulo, evidenciando uma trajetória descendente.

Na sequência, apresentam-se as estimativas do modelo *CausalImpact* (Tabelas 7, 8 e 9). No período pós-intervenção, o *PIB_SP* observou média de 105,59, enquanto a média contrafactual estimada na ausência da crise seria 125,51, com intervalo de 95% de [121,14; 131,14]. A diferença implica um efeito causal estimado de -19,92, com intervalo de 95% de [-25,55; -15,55] (Tabela 7). Em termos médios, portanto, o PIB paulista permaneceu cerca de 20 unidades (número-índice) abaixo do nível esperado no cenário sem a Crise Financeira Internacional de 2008.

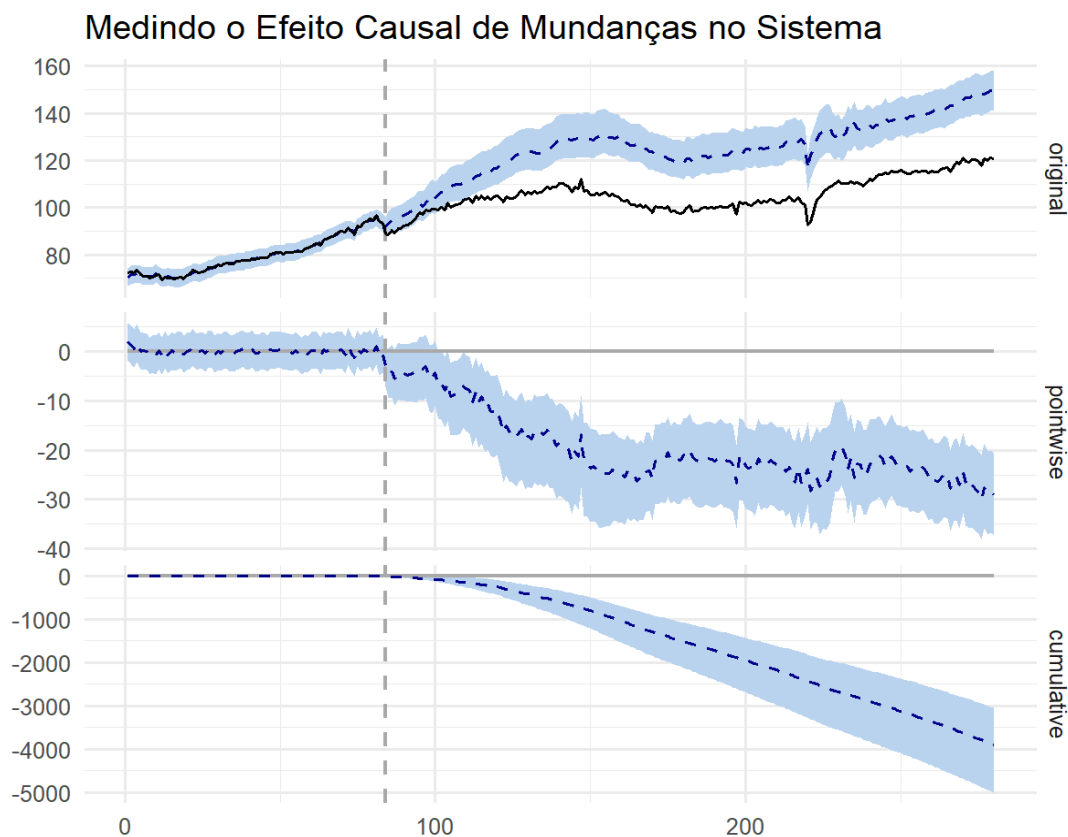


Figura 8. Evolução Prevista da Trajetória do PIB do Estado de São Paulo (Linha Tracejada) e Evolução Efetiva do PIB do Estado de São Paulo (Linha Cheia), parte superior da Figura. Diferença entre o PIB do Estado de São Paulo Previsto e Observado Ponto a Ponto, parte central da Figura. Diferença entre o PIB Previsto e Observado Acumulado, parte inferior da Figura, Estado de São Paulo, janeiro de 2002 – abril de 2025.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

Tabela 7. Produto Interno Bruto, Valores Observados e Previstos, Média e Acumulado, Intervalo de Confiança, Estado de São Paulo, janeiro de 2002 – abril de 2025

	Média	Acumulado
Atual	106*	20695
Previsto (Erro Padrão)	126 (2.7)	24599 (523.0)
Intervalo de Confiança de 95%	[121, 131]	[23744, 25703]

*Lembrando que, a variável *PIB_SP* é um número índice, não em valores.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

No período pós-intervenção, a soma da variável resposta foi de 20,70 mil; no cenário contrafactual, a soma esperada seria 24,60 mil. O intervalo de 95% para essa previsão é [23,74 mil; 25,71 mil], conforme a Tabela 7.

Em termos relativos, observa-se redução de 16% na variável resposta, indicando que, em média, o PIB paulista permaneceu 16% abaixo do nível esperado na ausência da crise. O

intervalo de 95% para esse efeito é [-19%; -13%], o que confirma a significância estatística do impacto no período pós-intervenção (Tabela 8).

Tabela 8. Produto Interno Bruto, Valores Observados e Previstos, Média e Acumulado, Efeitos Absoluto e Relativo e Intervalo de Confiança, Estado de São Paulo, janeiro de 2002 – abril de 2025

Efeitos	Média	Acumulado
Efeito Absoluto (Desvio Padrão)	-20 (2,7)	-3904 (523,0)
Intervalo de Confiança de 95%	[-26, -16]	[-5008, -3048]
Efeito Relativo (Desvio Padrão)	-16% (1,8%)	-16% (1,8%)
Intervalo de Confiança de 95%	[-19%, -13%]	[-19%, -13%]

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

A probabilidade de esse resultado ocorrer ao acaso é muito baixa (probabilidade bayesiana unilateral da cauda, $p = 0,001$), indicando que o efeito causal é estatisticamente significativo (Tabela 9).

Tabela 9. Probabilidade de Efeito Causal, Variáveis, *PMC_SP*, *NOVO_CAGED_TOTAL* e *TC*, São Paulo e Brasil, janeiro de 2002 – abril de 2025

Probabilidade da área da cauda posterior	0,00056%
Probabilidade posterior de um efeito causal	99,94%

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados básicos do Seade (2025), Brasil (2025) e Ipea (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que a Crise Financeira de 2008 não causou apenas uma retração temporária, mas sim uma mudança estrutural permanente na trajetória do Produto Interno Bruto (PIB) paulista. Embora tenha ocorrido uma recuperação posterior, o "vôo da fênix" em 2010, a economia do estado não retornou ao patamar de crescimento que teria percorrido caso o choque não tivesse ocorrido. O efeito causal da crise foi severo, resultando em uma diminuição média de 16% no PIB paulista em relação ao cenário contrafactual. Em termos absolutos, o valor médio do PIB pós-intervenção ficou aproximadamente 20 unidades (número índice) abaixo do esperado.

O modelo identificou que o Índice de Vendas no Varejo (*PMC_SP*) e o Emprego Formal (*NOVO_CAGED_TOTAL*), são as variáveis com maior poder explicativo e relevância para o PIB paulista. As elasticidades calculadas mostram que variações de 1% nessas variáveis induzem crescimentos de 0,56% e 0,52% no PIB, respectivamente.

A utilização do modelo *CausalImpact* (BSTS) mostrou-se superior aos métodos tradicionais por permitir a criação de um "controle sintético" e um contrafactual preciso sem a

necessidade de um grupo de controle externo. A integração com a Análise de Intervenção ARIMA permitiu identificar com precisão a quebra estrutural em dezembro de 2008.

A análise confirmou que a forte integração de São Paulo às cadeias globais de valor e ao sistema financeiro torna o estado o principal canal de contágio de choques internacionais no Brasil.

Para aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica econômica regional e a resiliência a choques, sugerem-se as seguintes linhas de pesquisa. Utilizar a mesma metodologia de *CausalImpact* para quantificar a perda acumulada de riqueza e a mudança estrutural causada pela pandemia de 2020 no PIB paulista, comparando a velocidade de recuperação com a da crise de 2008. Outra sugestão é decompor a análise por setores específicos, como a indústria automobilística e de bens de capital, que foram apontadas como as mais atingidas em 2008, para verificar se os efeitos permanentes foram homogêneos em toda a estrutura produtiva.

Finalmente, poder-se-ia avaliar os Impactos das Políticas Anticíclicas Regionais, em outras palavras, avaliar especificamente a eficácia de medidas adotadas pelo governo estadual *versus* federal na mitigação do choque, utilizando modelos de Diferenças-em-Diferenças (*Dif-in-Dif*) ou Controle Sintético para comparar São Paulo com outros estados menos industrializados. Também, incluir de variáveis de incerteza, ou seja, incorporar índices de incerteza econômica e volatilidade financeira global como regressores para melhorar a capacidade preditiva do modelo em períodos de instabilidade aguda.

LITERATURA CITADA

- BARBOSA, Nelson. A crise de 2008 e a economia brasileira: medidas e resultados. *Revista de Economia Política*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 3-15, jan./mar. 2010.
- BOX, G. E. P.; TIAO, G. C. Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *Journal of the American Statistical Association*, [S.l.], v. 70, n. 349, p. 70-79, 1975. DOI: 10.1080/01621459.1975.10480264.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Estatísticas do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED): estoque de empregos formais - São Paulo*. Brasília, DF: MTE, 2025. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- BRODERSEN, Kay H.; GALLUSSER, Fabian; KEHLER, Jim; REMY, Nicolas; SCOTT, Steven. Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. *The Annals of Applied Statistics*, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 247-274, 2015. DOI: 10.1214/14-AOAS788.
- BRODERSEN, Kay H.; HAUSER, Alain. *Inferring causal effects using Bayesian structural time-series models: package CausalImpact*. [S.l.]: [s.n.], 2022.
- CANUTO, Otaviano. *A economia brasileira e a crise internacional*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

- COMMANDEUR, Jacques J. F.; KOOPMAN, Siem Jan. *An introduction to state space time series analysis*. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- FUNDAÇÃO SEADE. *PIB mensal do Estado de São Paulo: série histórica de 2002 a 2025*. São Paulo: Seade, 2026. Disponível em: <https://pib.seade.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- FUNDAÇÃO SEADE. *O PIB do Estado de São Paulo em 2009*. São Paulo: Seade, 2009. Disponível em: <https://www.seade.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- GERTLER, Paul J.; MARTÍNEZ, Sebastián; PREMAND, Patrick; RAWLINGS, Laura B.; VERMEERSCH, Christel M. J. *Avaliação de impacto na prática*. Washington, DC: Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial, 2018.
- HARVEY, Andrew C. *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Mensal de Comércio (PMC): volume de vendas no varejo (restrito), série histórica de [ano início] a [ano fim]*. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Taxa de juros - Over/Selic - acumulada no mês (BM12_TJOVER12)*. Brasília, DF: Ipeadata, 2025a. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Taxa de câmbio - R\$/US\$ - comercial - venda - média (BM12_ERC12)*. Brasília, DF: Ipeadata, 2025b. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- MARGARIDO, Mario Antonio. Análise da série de vendas do varejo restrito no Estado de São Paulo: uma aplicação do método X12-ARIMA. *Revista IPT: Tecnologia e Inovação*, [S.l.], v. 5, n. 17, p. 76-94, 2021.
- MARGARIDO, Mario Antonio; ANEFALOS, Lilian Cristina. Testes de raiz unitária e o software SAS. *Agricultura em São Paulo*, [S.l.], v. 46, n. 2, p. 19-45, 1999.
- SCOTT, Steven L.; VARIAN, Hal. Predicting the present with Bayesian structural time series. [S.l.: s.n.], jan. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264816307>.
- VANDAELE, Walter. *Applied time series and Box-Jenkins models*. Orlando: Academic Press, 1983.

The logo for PSP Hub features the letters 'PSP' in a bold, dark grey sans-serif font. The letter 'P' is partially filled with a vibrant green color. To the right of 'PSP', the word 'Hub' is written in a lighter, green sans-serif font. A thin horizontal line is positioned below the 'PSP' portion of the logo.

PSP Hub

INFRASTRUCTURE AND URBANISM STUDIES