Insper

Economia

Sofia Teodoro de Abreu Coutinho

Choques Tarifários e Rupturas em Cadeias de Suprimento: Análise dos Efeitos do Conflito Comercial entre EUA e China no Setor Automotivo Americano.

São Paulo

2025

Sofia Teodoro de Abreu Coutinho

Choques Tarifários e Rupturas em Cadeias de Suprimento: Análise dos Efeitos do Conflito Comercial entre EUA e China no Setor Automotivo Americano.

TCC apresentado ao programa graduação em Economia como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em economia.

Orientador: Prof. Fernando Picasso

São Paulo

2025

De Abreu Coutinho, Sofia Teodoro.

Choques Tarifários e Rupturas em Cadeias de Suprimento: Análise do Setor Automotivo entre EUA e China. /
Sofia Teodoro De Abreu Coutinho. – São Paulo, 2025.
44 f.

TCC – Insper, 2025
Orientador: Prof. Fernando Picasso

1. Tarifas de importação. 2. Produção de veículos. 3. Cadeia de suprimentos. 4. Guerra comercial EUA-China. 5. Resiliência produtiva. I. Autor. II. Título

Sofia Teodoro de Abreu Coutinho

Choques Tarifários e Rupturas em Cadeias de Suprimento: Análise do Setor Automotivo entre EUA e China

TCC apresentado ao programa graduação em Economia como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em economia.

Orientador: Prof. Fernando Picasso

Banca Examinadora

_____

Prof. Fernando Picasso

Insper

_____

Prof. André Duarte

Insper

À minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso, bem como a todos os economistas cujos trabalhos contribuem para um mundo melhor.

Agradecimentos

Ao professor Fernando Picasso, por ter sido meu orientador e ter realizado tal função com dedicação, acompanhando esta jornada a cada etapa e me inspirando no desenvolvimento deste trabalho. Aos professores, dos cursos de Administração e Economia pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo da dupla graduação. Ao professor Roberto Dumas por todos os conselhos com a qual me auxiliaram na elaboração deste trabalho. Expresso minha gratidão a equipe da Biblioteca Telles por todo o apoio ao longo da graduação. Por fim, à minha família, que me incentivou nos momentos difíceis e compreendeu a dedicação investida para à realização deste trabalho.

Resumo

O bom funcionamento das cadeias globais de suprimentos é essencial para o comércio internacional e para o desempenho produtivo de setores estratégicos, como a indústria automotiva. No entanto, essas redes estão sujeitas a choques externos, como crises sanitárias, interrupções logísticas e mudanças em políticas comerciais. Este trabalho analisa a possibilidade de mudanças em políticas comerciais serem um risco para cadeias de suprimentos. Para isso foram analisados os efeitos das tarifas de importação impostas pelos Estados Unidos, a partir do início da guerra comercial em março de 2018, sobre produtos chineses na produção de veículos, com foco nos impactos sobre a cadeia de suprimentos do setor automotivo. Com base em dados empíricos de comércio e produção de 2010 a 2024, a análise combina modelos econométricos para estimar a probabilidade de ocorrência de rupturas produtivas e para quantificar o impacto das tarifas sobre o volume produzido. Os resultados indicam que aumentos tarifários estão negativamente associados à produção de veículos, e contribuem para a compreensão dos efeitos sistêmicos de políticas restritivas em cadeias produtivas integradas globalmente, colocando-as em risco. Além disso, testes adicionais reforçam a evidência de que para mitigar esse risco, há certa dependência da estrutura logística e da flexibilidade industrial local, apontando caminhos para fortalecer a resiliência das cadeias de valor diante de choques disruptivos.

Palavras-chave: tarifas de importação, produção de veículos, cadeia de suprimentos, guerra comercial EUA-China, resiliência produtiva.

Abstract

Well-functioning global supply chains are essential for international trade and for the productive performance of strategic sectors such as the automotive industry. However, these networks are subject to external shocks, such as health crises, logistical disruptions and changes in trade policies. This paper analyzes the possibility of changes in trade policies being a risk for supply chains. To this end, the effects of the import tariffs imposed by the United States, from the start of the trade war in March 2018, on Chinese products in the production of vehicles were analyzed, with a focus on the impacts on the supply chain of the automotive sector. Based on empirical trade and production data from 2010 to 2024, the analysis combines econometric models to estimate the probability of production disruptions and to quantify the impact of tariffs on the volume produced. The results indicate that tariff increases are negatively associated with vehicle production and contribute to understanding the systemic effects of restrictive policies on globally integrated production chains, putting them at risk. Furthermore, additional tests reinforce the evidence that in order to mitigate this risk, there is a certain dependence on the logistical structure and local industrial flexibility, pointing to ways to strengthen the resilience of value chains in the face of disruptive shocks.

Keyword: import tariffs, vehicle production, supply chain, US-China trade war, productive resilience.

Sumário

1 Introdução 10
2.1 As Cadeias Globais de Suprimentos 14
2.2 Resiliência e Risco nas Cadeias Globais de Suprimentos 14
2.3 Políticas Comerciais e Rupturas em Cadeias de Suprimento 16
3 Metodologia 17
3.1 Estratégia Empírica 17
3.2 Fonte de Dados e Construção das Variáveis 17
3.3 Especificações Econométricas 19
3.3.1 Modelo Logístico para Rupturas 19
3.3.2 Regressão Log-Log com Defasagens Tarifárias 20
3.3.3 Modelos em Painel com Efeitos Fixos 20
3.3.4 Modelo com Interação 21
3.3.5 Teste de Multicolinearidade 22
4 Resultados 23
4.2 Probabilidades de Ruptura 27
4.3 Efeitos das Tarifas sobre a Produção de Veículos 30
4.4 Interações com Capacidade e Exposição 33
4.5 Teste de Multicolinearidade 34
5 Discussão 36
6 Limitações 38
7 Conclusão 39
8 Referências 41

1 Introdução

O mundo atual é conectado por transações entre países. As conexões comerciais e a possibilidade de realizar trocas entre locais diferentes amplia o acesso a diferentes bens e serviços e permite o crescimento econômico. Nesse contexto de globalização, a economia mundial opera por meio de cadeias de suprimentos cada vez mais integradas, com bens e componentes sendo produzidos em diferentes países antes de chegarem ao consumidor final. A relação entre os elos da cadeia é complexa, tornando um bom gerenciamento de cadeias de suprimentos uma tarefa difícil, mas essencial para o bom funcionamento da economia (Christopher 2016). Essas cadeias globais de valor são fundamentais para a eficiência produtiva e o crescimento econômico, mas também tornam os sistemas produtivos mais vulneráveis a choques externos.

Dessa forma, uma ruptura na cadeia de suprimentos tem consequências significantes para os processos de criação de valor. Essa ruptura pode ser local, concentrada em uma parte da cadeia, como o incêndio ocorrido em 2000 na planta da Philips em Albuquerque, nos Estados Unidos. Apesar do fogo ter sido apagado rapidamente, os danos foram severos e impactaram significativamente o fornecimento de semicondutores essenciais para os celulares da Nokia e Ericsson. Enquanto a Nokia respondeu rapidamente e evitou perdas relevantes, a Ericsson sofreu atrasos no lançamento de produtos e teve prejuízos significativos (Wilson, 2012). Isso mostra como falhas mesmo que locais podem gerar grandes disrupções quando não há resiliência e agilidade na cadeia.

De acordo com Hald e Coslugeanu (2021), um aspecto importante é que, em alguns casos, quando ocorre uma ruptura, ela se propaga pela cadeia de suprimentos inteira em vez de ficar contida somente na parte que sofreu interrupção. Assim, o efeito da interrupção se espalha de maneira que todo o processo é prejudicado, impactando o consumidor final. Esse efeito em cascata é conhecido como *ripple effect.* Quando há esse tipo de repercussão resiliência e agilidade se tornam ainda mais essenciais, tanto para mitigar quanto para responder a contingências.

O exemplo relevante mais recente de uma contingência que impactou as cadeias de suprimentos no mundo todo foi a pandemia do COVID-19. A crise causada pelo vírus gerou uma preocupação sanitária importante interrompendo várias atividades, incluindo logística e transporte, por conta de trabalhadores contaminados e medidas de *lockdown*. Vários países

adotaram restrições de importação e exportação quebrando o fluxo do comercio internacional. Dessa forma, as cadeias de suprimento globais foram rompidas e houve uma diminuição na capacidade produtiva.

É importante ressaltar que rompimentos em cadeias de suprimento também afetam indicadores macroeconômicos significantes. De acordo com Martin, Sánchez e Wilkinson (2023), a pandemia teve efeitos sobre o PIB mundial, comércio internacional, taxa de emprego e inflação. Além disso, a inflação do índice de preços ao produtor (PPI), como colocado por Santacreu e LaBelle (2021), aumentou substancialmente durante a pandemia principalmente no setor manufatureiro; petróleo, metais básicos e produtos de madeira foram os que mais aumentaram.

Além disso, um dos principais exemplos de choques está a imposição de barreiras comerciais. A adoção de tarifas pelos Estados Unidos sobre produtos chineses a partir de 2018, no contexto da chamada "guerra comercial", gerou impactos relevantes sobre cadeias de suprimento altamente internacionalizadas, em especial no setor automotivo. Essa indústria depende fortemente de insumos e componentes de diversos países, incluindo a China, que ocupa posição estratégica como fornecedora de baterias, semicondutores, eletrônicos e peças automotivas. Em 2018, por exemplo, a China exportou aproximadamente US$ 34,8 bilhões em peças e acessórios de veículos automotores, sendo os Estados Unidos o principal destino dessas exportações (Statista, 2019). O volume elevado dessas transações evidencia a relevância da China nas cadeias produtivas do setor automotivo global e os efeitos potenciais da adoção de barreiras comerciais sobre a fluidez dessas cadeias.

Com o retorno de Donald Trump à presidência dos Estados Unidos em 2025, houve uma reativação do discurso protecionista e da política de tarifas direcionadas à China, reacendendo tensões comerciais e incertezas para os fluxos globais de produção. Assim, setores de alta dependência de insumos chineses, como o automotivo, mostram-se vulneráveis a esse tipo de intervenção política. Segundo Carreras-Valle e Ferrari (2025), choques tarifários aplicados de forma abrupta resultaram em atrasos médios superiores a 20 dias nas cadeias logísticas e perdas acumuladas de até 7,3% na produção industrial dos EUA.

Por conta disso, é fundamental compreender os possíveis efeitos de políticas comerciais sobre a produção de setores críticos, analisando os pontos chave das quebras nas cadeias de suprimentos a fim de mitigar seus efeitos de maneira eficiente. Segundo Hald e Coslugeanu (2021), é necessário estar preparado para futuras interrupções nos elos das cadeias e de ter um

olhar atento para a estratégia de eficiência de custo, para a qual em geral falta flexibilidade. Como apontado por Queiroz et al. (2020), um *framework* de resiliência bem desenvolvido é essencial para que cadeias de suprimentos globais sejam sustentáveis e bem-preparadas para enfrentar crises futuras. Além disso, o artigo propõe que, em termos de metodologia, uma boa abordagem para análises futuras seria a criação de um modelo de simulação e previsão.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo responder as seguintes perguntas: Como mudanças em políticas comerciais afetam as cadeias globais de suprimentos? Que abordagens são mais eficientes para reduzir os efeitos adversos?

O setor automotivo, tem elevada relevância estratégica na balança comercial entre Estados Unidos e China, e é dependente de uma extensa rede de fornecedores internacionais, incluindo itens de alta complexidade tecnológica oriundos da China, o que o torna particularmente sensível a choques tarifários e interrupções logísticas. Assim, o foco nesse setor permite captar com maior clareza os efeitos de políticas comerciais sobre a produção e a resiliência industrial.

O objetivo desse estudo é entender como mudanças em políticas comerciais, especificamente imposições tarifárias pelos EUA, podem afetar o fluxo de componentes, China para EUA, e assim a produção final de veículos americana. A intenção é analisar como mudanças em políticas comerciais podem ser um risco para cadeias de suprimento ao afetar a produção. Para isso, foi realizada uma análise empírica com dados da Bloomberg (2025) e USITC (United States International Trade Commission, 2025) no período de 2010 a 2024, contendo dados mensais (183 observações) antes e depois do início da guerra comercial, março de 2018, entre EUA e China.

Em linhas gerais os resultados deste trabalho revelam que mudanças em políticas comerciais, como a imposição de tarifas sobre produtos importados da China pelos Estados Unidos, podem gerar efeitos significativos no desabastecimento da indústria automotiva americana. A partir da análise de uma série histórica com dados mensais entre 2010 e 2024, identificou-se que períodos de aumento nas tarifas, nesse caso a guerra comercial entre EUA e China com início em março de 2018, estão associados a uma maior probabilidade de ruptura nas cadeias de suprimento. Além disso, o estudo demonstra que o impacto das tarifas sobre a produção tende a ser mais negativo quando a capacidade instalada está mais pressionada. Esses achados ajudam a compreender como políticas econômicas e fatores globais podem impactar o funcionamento das cadeias produtivas. Com base nisso os resultados fornecem insights

significantes, que servem de base para o framework de resiliência desenvolvido, com destaque para diversificação de fornecedores e flexibilidade da capacidade instalada para mitigar riscos.

2 Revisão de Literatura

2.1 As Cadeias Globais de Suprimentos

A economia global é sustentada por uma complexa rede de conexões comerciais entre países, onde cadeias de suprimentos globais desempenham um papel central no fluxo de bens e serviços. Como colocado por Ballou (2006), essa interdependência entre nações é mediada por redes produtivas nas quais cada elo depende dos demais, de maneira que o todo processo de produção seja percorrido até chegar no consumidor final. Isso garante um acesso a uma maior variedade de produtos e tecnologias. O autor analisa a importância da logística e do gerenciamento eficiente das cadeias de suprimentos para o crescimento econômico e o acesso a uma diversidade de produtos e serviços.

Ao investigar 130 países Fernandes, Hatakeyama e Souza (2021), estabeleceram uma forte correlação entre eficiência logística, mensurada por indicadores como qualidade do transporte e agilidade de entregas, e crescimento do PIB. Segundo os autores, melhorias de 10 pontos no índice de desempenho logística estão associadas a um aumento médio de 1,2 % no crescimento econômico. Isso demonstra que cadeias globais bem articuladas não apenas promovem o comércio internacional, mas também impulsionam a produtividade nacional e o acesso a novas tecnologias e mercados.

2.2 Resiliência e Risco nas Cadeias Globais de Suprimentos

Além de riscos internos, dada a complexidade das conexões ao longo de sua estrutura, as cadeias de suprimentos também enfrentam ameaças externas. Estas podem ser crises geopolíticas, mudanças em políticas comerciais, desastres naturais, epidemias etc., as quais podem interromper drasticamente o fluxo de bens e serviços no mundo. Em relação a tensões geopolíticas, o relatório da RAND Corporation (2023) analisa a vulnerabilidade das cadeias de suprimentos globais devido à concentração da produção de semicondutores de alta tecnologia em Taiwan. O estudo destaca que a dependência global de Taiwan como fornecedora de semicondutores expõe os países a riscos econômicos, especialmente caso a China tome medidas para reintegrar Taiwan. A sugestão é que os EUA e seus aliados diversifiquem a produção de semicondutores para reduzir essa dependência e fortalecer a resiliência econômica e

tecnológica. Além disso, é recomendado que governos incentivem a migração de parte da produção para outros locais, mitigando o impacto de potenciais crises no setor.

Dando continuidade à discussão sobre ameaças externas às cadeias de suprimentos, a crise financeira de 2008 oferece um exemplo marcante de como choques sistêmicos podem comprometer seriamente a resiliência produtiva global. Segundo Wagner e Neshat (2010), a crise revelou fragilidades estruturais nas redes logísticas empresariais, especialmente pela excessiva concentração de fornecedores, baixos níveis de estoque e limitações no acesso a crédito. Os autores analisaram a vulnerabilidade das cadeias a partir da sua interdependência, demonstrando que cadeias com alta conectividade são mais sensíveis a colapsos diante de eventos econômicos extremos. O estudo reforça a importância de estratégias de monitoramento e resposta a riscos, mesmo em contextos de crise predominantemente financeira, sem origem direta na cadeia produtiva.

Em termos de resiliência, Christopher e Peck (2004) trazem uma base teórica dos impactos em cadeias de suprimentos e analisam suas fontes de risco e principais relações. Eles concluem que a tendência de criação de redes cada vez mais complexas com organizações interdependentes aumentam alguns desses riscos. O artigo demonstra como desenvolver resiliência a partir de estratégias que buscam mitigar os efeitos de interrupções e enfatiza a importância de flexibilidade e agilidade. Seguindo essa linha, Gereffi (2020) propõe que empresas e governos diversifiquem fornecedores e fortaleçam capacidades locais para reduzir riscos associados a choques internacionais.

O funcionamento das cadeias globais de valor depende da estabilidade institucional e da previsibilidade nas relações comerciais entre países. Em seu livro, Christopher (2016) destaca a importância do monitoramento de indicadores econômicos para assegurar a continuidade das cadeias de suprimentos. Ele argumenta que monitorar indicadores como PIB, balança comercial e outras métricas é essencial e ajuda a identificar vulnerabilidades e antecipar interrupções que poderiam afetar o comércio e o crescimento econômico global.

Como destacado por Johnson e Noguera (2012) ao introduzir o conceito de comércio em valor adicionado (TiVA), grande parte do comércio internacional é composta por bens intermediários e processos que adicionam valor atravessando diversas fronteiras antes de compor o produto final. Assim, políticas comerciais protecionistas podem gerar distorções não apenas no comércio bilateral, mas em toda a rede de produção global, tornando seus efeitos mais amplos e difíceis de prever.

2.3 Políticas Comerciais e Rupturas em Cadeias de Suprimento

Como colocado por Li e Hu (2023), mudanças em políticas comerciais geram efeitos em cadeias de suprimento globais. O estudo mostra que um aumento da incerteza da política comercial reduz significativamente a eficiência da cadeia de suprimentos das empresas analisadas, principalmente ao diminuir a quantidade de exportações e inibir a inovação tecnológica. Esse resultado indica como políticas comerciais podem se tornar riscos para cadeias de suprimento dependendo do cenário.

Handley e Limão (2017) argumentam que incertezas sobre a política comercial reduzem investimentos e geram realocação de cadeias de suprimento. O caso da indústria automotiva é emblemático, pois envolve produção fragmentada em múltiplos países. Autor, Dorn e Hanson (2020) destacam como a dependência de componentes chineses pode gerar gargalos em momentos de tensões comerciais ou logísticas

Seguindo essa lógica e segundo Onoriode (2025), as políticas comerciais podem causar desorganização nas cadeias globais de suprimentos ao elevar custos e induzir relocalizações produtivas, como observado durante a guerra comercial EUA-China. A pesquisa conclui que apesar dos efeitos negativos, as mudanças em políticas comerciais podem ser vistas como uma oportunidade de restruturação da cadeia produtiva, promovendo o desenvolvimento e a diversificação das indústrias.

A literatura recente tem dado atenção aos impactos da guerra comercial entre Estados Unidos e China sobre cadeias produtivas. Amiti, Redding e Weinstein (2019) mostram que as tarifas impostas em 2018 aumentaram os preços de importados e reduziram volumes de importação, impactando as empresas que dependem de insumos chineses. Essas alterações de tarifas afetam diretamente a produtividade e a competitividade do setor industrial.

3 Metodologia

3.1 Estratégia Empírica

A fim de analisar os efeitos de políticas de comercio entre Estados Unidos e China no funcionamento das cadeias de valor globais, este estudo utiliza abordagens econométricas. Para que os efeitos sejam claros e mensuráveis, e haja uma compreensão de como a cadeia de suprimentos é afetada, a análise será feita com base em tarifas de importação impostas pelos EUA. Estas têm influência na quantidade de recursos que a indústria americana tem acesso, impactando o volume final de produção. Dessa forma, uma ruptura na cadeia de suprimentos é entendida como uma queda da produção final, que será estudada a partir uma análise de sensibilidade com diferentes patamares de queda . Assim, levando em conta a dependência da indústria automobilística americana em componentes chineses, os efeitos das tarifas de importação estarão mais claros ao analisar esse setor. A motivação fundamenta-se na hipótese de que tarifas elevam o custo de componentes importados, o que pode gerar rupturas nas cadeias de produção e afetar negativamente a atividade industrial.

3.2 Fonte de Dados e Construção das Variáveis

Os principais dados utilizados para o estudo foram coletados via terminal Bloomberg (2025) e USITC (United States International Trade Commission, 2025). O período da análise é de 2010 a 2024, contendo dados mensais (183 observações) antes e depois do início da guerra comercial, março de 2018, entre EUA e China.

A variável dependente principal é a produção de veículos nos Estados Unidos, medida em mil unidades produzidas por mês. A variável explicativa central é a tarifa real efetivamente paga sobre autopeças (HTS 8708) importadas da China. Além dessas, foram incluídas variáveis explicativas complementares, o volume total de peças automotivas importado pelos EUA e o volume de peças automotivas importadas da China pelos EUA. Também foram incluídas variáveis de controle, X_t, relevantes para o setor automotivo, PIB industrial americano, uma proxy do frete internacional entre EUA e China, taxa de câmbio Dólar vs. Yuan, capacidade instalada e nível de estoques de montadoras americanas e presença de eventos disruptivos (ex. COVID-19). O Quadro 1 apresenta todas as variáveis do estudo.

Quadro 1 – Variáveis do estudo

Descrição	Variável
Produção de veículos nos Estados Unidos	$producao_t$
Variável dummy, indicando presença de ruptura (quando a produção de um mês para o outro tem uma queda maior ou igual um limiar percentual, definindo um patamar de queda na produção de veículos).	$ruptura_t$
Tarifa real efetivamente paga sobre autopeças (HTS 8708) importadas da China.	tarifa_real_t
Volume de peças automotivas importadas da China pelos EUA.	import_china_t
Volume total de peças automotivas importado pelos EUA.	import_total_t
Interação tarifa e importações da China.	interacao_t
Nível de utilização da capacidade instalada de veículos automotores e peças da indústria americana.	capacidade_t
Interação entre tarifa real efetivamente paga e capacidade instalada.	$\text{tarifa_real}_t\text{_capacidade}_t$
PIB industrial americano.	pib_t
SCFI (Shanghai Containerized Freight Index), índice que acompanha a flutuação das tarifas de frete de contêineres no mercado de exportação de Xangai.	frete_t
Taxa de câmbio Dólar vs. Yuan.	cambio_t
Média do nível de estoque das montadoras Ford e General Motors.	estoque_t
Variável dummy que indica a presença de outros eventos disruptivos (COVID-19, crise de semicondutores, crise logística global e greve do UAW (United Auto Workers)).	eventos_t

Fonte: Coutinho, Sofia (2025)

Todas as variáveis foram transformadas para logaritmo natural quando apropriado, para que os parâmetros entrem no modelo de maneira linear (Bussab, Morettin, 2017), de forma a permitir interpretação dos coeficientes como elasticidades. Assim, os possíveis impactos serão analisados por meio de modelos econométricos realizados utilizando o Google Colaboratory, uma plataforma baseada em nuvem que oferece suporte a Jupyter Notebooks, permitindo a execução de códigos em Python diretamente no navegador. Os modelos buscam investigar os efeitos de tarifas impostas pelos EUA, em importações de autopeças e acessórios chineses, na produção americana final de automóveis.

3.3 Especificações Econométricas

3.3.1 Modelo Logístico para Rupturas

Inicialmente, utilizou-se um modelo logit para estimar a probabilidade de ocorrência de rupturas, quedas na produção, nas cadeias produtivas em função do nível de tarifas sobre importações. O modelo logit é formalmente expresso como:

$$P\ (ruptura_t = 1) = \frac{1}{1 + e^{-zt}}$$

$$zt = \beta 0 + \beta 1 \times \text{tarifa_real}_t$$

Nesse caso a variável dependente $ruptura_t$ é binária, e assume valor 1 quando há uma queda na produção igual ou superior a determinada limiar percentual entre dois meses consecutivos (por exemplo, uma queda de 10%), e 0 caso contrário. A variável tarifa_real_t representa o valor efetivo pago em tarifas de importação naquele mês, e seu coeficiente $\beta 1$ capta o efeito de uma variação na tarifa sobre a chance de ruptura para um determinado limiar. O $\beta 0$, intercepto, representa o valor base de zt (o logit), quando a tarifa é igual a zero, ou seja, ele captura a tendência de ocorrência de ruptura na ausência de tarifas. O objetivo desse modelo é estimar a probabilidade de ruptura como função das tarifas de importação tarifa_real_t.

Para isso, foi utilizada a seguinte abordagem, a partir de análises descritivas das quedas na variável $producao_t$, foram determinados como limiares para esse estudo, (patamares de queda da variável $producao_t$ em porcentagem), a média, mediana e quintis destas quedas observadas na amostra no período de guerra comercial. Para cada limiar, foi construída a variável binária de ruptura e estimado um modelo logit simples com a tarifa como única variável

explicativa. A partir dos coeficientes estimados, foi calculada para cada limiar a probabilidade de ruptura, usando como tarifa_real_t o valor médio de tarifa efetivamente paga no período de guerra comercial (2018-2024). Para entender como a probabilidade de ruptura responde a mudanças marginais ou percentuais na tarifa, foi calculado para cada limiar a probabilidade de ruptura caso ocorresse um aumento na variável tarifa_real_t. O valor desse aumento também foi determinado com base nas análises descritivas da amostra.

3.3.2 Regressão Log-Log com Defasagens Tarifárias

Com o intuito de capturar efeitos dinâmicos das tarifas ao longo do tempo sobre a produção, foi usado um modelo log-log com defasagem da variável tarifa_real_t. O objetivo é verificar como tarifas passadas, nesse caso de um e dois meses atrás, tem impacto na produção em t . A equação do modelo é:

$$\log(producao_t) = \alpha + \beta 0 \times \text{tarifa_real}_t + \beta 1 \times \text{tarifa_real}_{t-1} + \beta 2 \times \text{tarifa_real}_{t-2} + \gamma \times \log(\text{import_china}_t) + \varepsilon_t$$

Aqui, $producao_t$ representa o volume de veículos produzidos nos Estados Unidos no mês t, em escala logarítmica. As defasagens da variável tarifa_real_t ($\text{tarifa_real}_{t-1}, \text{tarifa_real}_{t-2}$), permitem observar como choques tarifários afetam a produção em períodos subsequentes, reconhecendo a existência de ajustes ao longo do tempo, característica comum em cadeias produtivas industriais. O parâmetro α é uma constante, intercepto do modelo, ele reflete o valor esperado da produção logarítmica quando todas as variáveis independentes são zero. Os coeficientes β representam o impacto da tarifa real em cada mês. A variável import_china_t representa o volume de importações de autopeças da China em escala logarítmica, funcionando como um controle para exposição internacional, e γ representa o efeito percentual de uma variação nas importações da China sobre a produção. E por fim ε_t é o erro aleatório, capturando variações não explicadas pelas variáveis independentes.

3.3.3 Modelos em Painel com Efeitos Fixos

Para tratar possíveis problemas de heterogeneidade não observada entre unidades produtivas ou períodos, foi utilizado um modelo em painel com efeitos fixos.

$$\log(producao_{it}) = \alpha_i + \delta_t + \beta \times \text{tarifa_real}_{it} + \gamma X_{it} + \varepsilon_{it}$$

Esse modelo permite controlar por efeitos inobserváveis constantes no tempo, como a estrutura de cada indústria, política setorial local, ou acordos específicos. Neste caso, i representa a unidade da observação e t representa o tempo e a variável dependente $\log(producao_{it})$ é logaritmo da produção de veículos na unidade i no tempo t. O termo α_i controla para fatores fixos específicos da unidade de análise, enquanto δ_t capta efeitos fixos comuns ao tempo, como choques macroeconômicos. O coeficiente de interesse principal β, que mede o efeito da tarifa real efetivamente paga sobre a produção tarifa_real_{it}. As variáveis de controle X_{it}, são as descritas anteriormente, com γ representando o efeito percentual de uma variação em cada uma delas, e ε_t é o erro aleatório. Essa abordagem permite identificar a variação dentro de cada unidade ao longo do tempo.

A fim de aprofundar a análise, é possível verificar variáveis que ao combinadas com as tarifas tenham influência significativa na produção final. Isso permite um olhar mais detalhado no que deve ser considerado no desenvolvimento de políticas de resiliência. Dessa forma, será verificado como a capacidade instalada de empresas americanas do setor pode afetar a produção.

3.3.4 Modelo com Interação

Com o objetivo de investigar se o efeito da tarifa é diferenciado conforme a estrutura de produção doméstica, especialmente a capacidade instalada, foi usado o seguinte modelo:

$$\log(producao_t) = \alpha + \beta 1 \times \text{tarifa_real}_t + \beta 2 \times \text{capacidade}_t + \beta 3(\text{tarifa_real}_t \times \text{capacidade}_t) + \gamma X_t + \varepsilon_t$$

Nesse modelo a variável dependente $\log(producao_t)$, também é logaritmo da produção de veículos. O α é uma constante, intercepto do modelo, que mostra o valor esperado da variável dependente quando todas as variáveis explicativas forem iguais a zero. O coeficiente β1, representa o efeito marginal da tarifa_real_t sobre a produção quando capacidade_t está zerada e β2 mede o impacto da capacidade_t na produção, quando tarifa_real_t está zerada. A variável capacidade_t mede o nível de utilização da capacidade instalada de veículos automotores e peças da indústria americana, e o coeficiente β3 captura o efeito de interação

entre tarifa e capacidade. As variáveis de controle X_{it}, são as descritas anteriormente, com o mesmo γ e ε_t como erro aleatório.

Essa interação com a variável tarifa_real_t permite examinar se o impacto da política comercial varia de acordo com o grau de flexibilidade produtiva da economia. Nesse caso, empresas com menor capacidade própria, podem ser mais sensíveis a choques tarifários devido à maior dependência de insumos externos. Esse tipo de abordagem é comum em estudos que buscam identificar heterogeneidade nos efeitos de políticas econômicas, como sugerido por Autor et al. (2013), que defendem que os impactos do comércio internacional variam conforme o grau de exposição setorial ou a flexibilidade produtiva das firmas.

3.3.5 Teste de Multicolinearidade

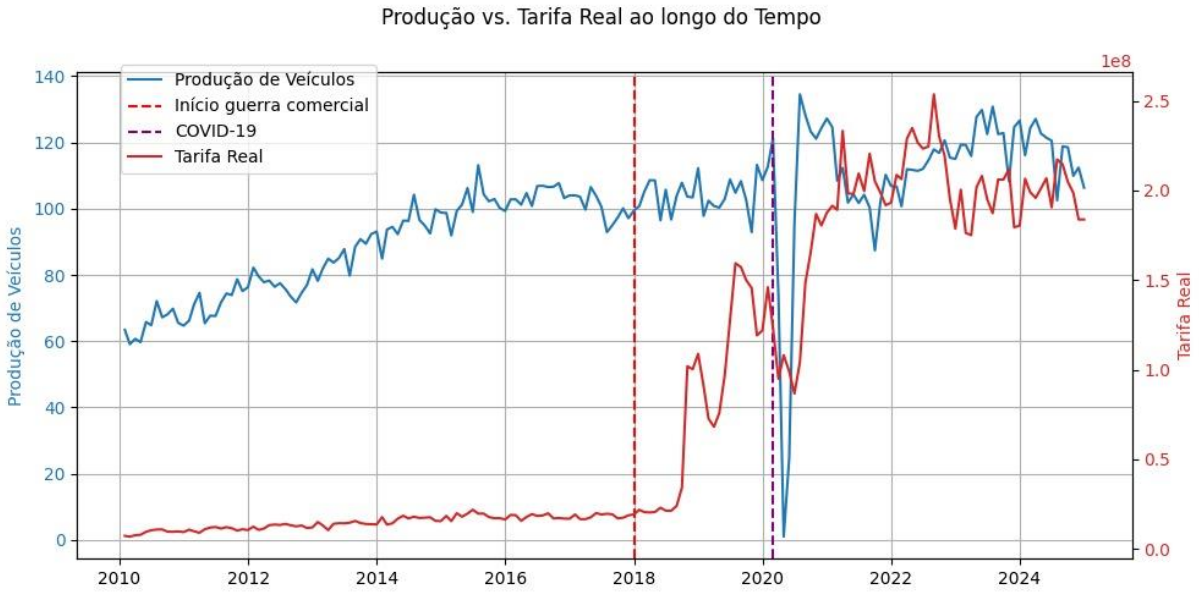
Com o intuito de assegurar a consistência e a confiabilidade dos resultados, foi realizado um teste de robustez. Conduziu-se a avaliação da multicolinearidade entre os regressores por meio do cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF), a fim de identificar eventuais problemas de redundância informacional entre as variáveis explicativas.

4 Resultados

4.1 Análise Descritiva

Com o objetivo de compreender a evolução da produção de veículos e das tarifas reais ao longo do tempo foi realizada uma análise descritiva. O Gráfico 1, ilustra a evolução mensal da produção de veículos no eixo da esquerda e da tarifa efetivamente paga no eixo da direita, para o período de 2010 a 2025. Observa-se uma tendência geral de crescimento na produção entre 2010 e 2015, seguida de certa estabilidade até 2017. A partir de 2018, com o início da guerra comercial entre EUA e China (marcada com linha tracejada vermelha), há um aumento expressivo nas tarifas, coincidindo com maior volatilidade na produção. Vale ressaltar que em 2020, o impacto da pandemia da COVID-19 (linha roxa) causa uma queda abrupta e temporária na produção. No período pós-2020, nota-se uma recuperação parcial da atividade, porém sem retomar a estabilidade observada nos anos iniciais.

Gráfico 1– Produção vs Tarifa Real ao Longo do Tempo

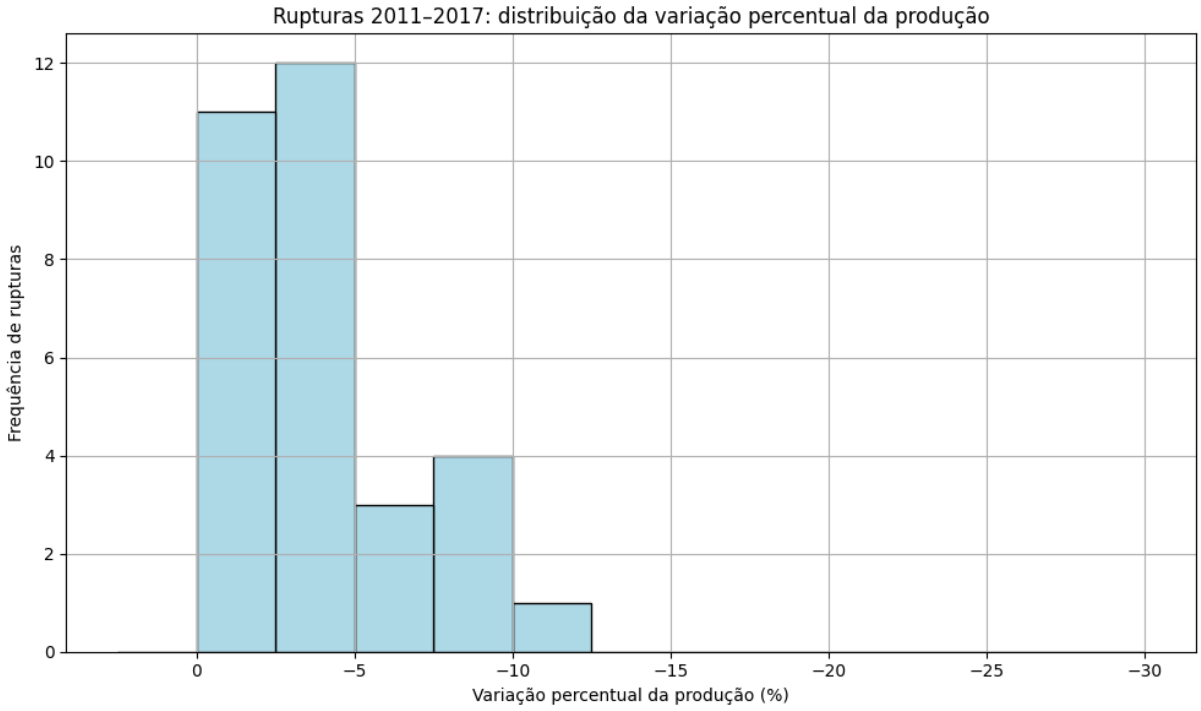


Fonte: Elaborado pelo autor

Para aprofundar a análise das quedas de produção, foram construídos histogramas com as quedas percentuais mensais da produção nos períodos de 2011 a 2017 e de 2018 a 2024, de maneira a analisar o mesmo número de observações antes e depois do início da guerra comercial em 2018. A Figura 1 apresenta o histograma de quedas de 2011 a 2017. Nota-se que a maioria

das quedas de produção nesse período foi relativamente moderada, com a maior parte das observações concentradas entre 0% e -5%. A média das quedas mensais foi de aproximadamente -4,13%, e a mediana de -3,04%, sugerindo uma distribuição mais centrada e menos severa.

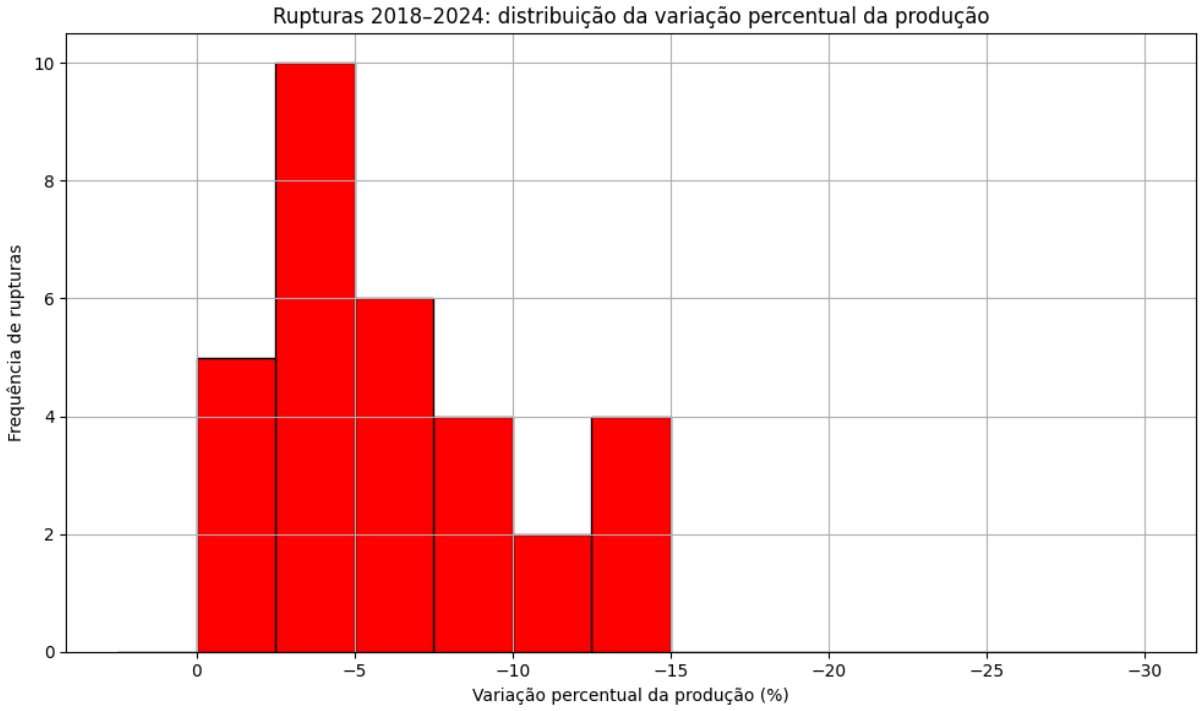
Figura 1 – Histograma Variação Percentual da Produção (2011-2017)



Fonte: Elaborado pelo autor

Em contraste, a Figura 2 mostra o histograma do período de 2018 a 2024, revelando uma maior frequência de quedas mais acentuadas. Há um aumento expressivo no número de observações com quedas superiores a 10%, além de uma cauda mais longa à direita. A média da variação negativa da produção no período mais recente foi de -10,06%, com mediana de -5,43%, valores significativamente inferiores aos observados no período anterior da amostra.

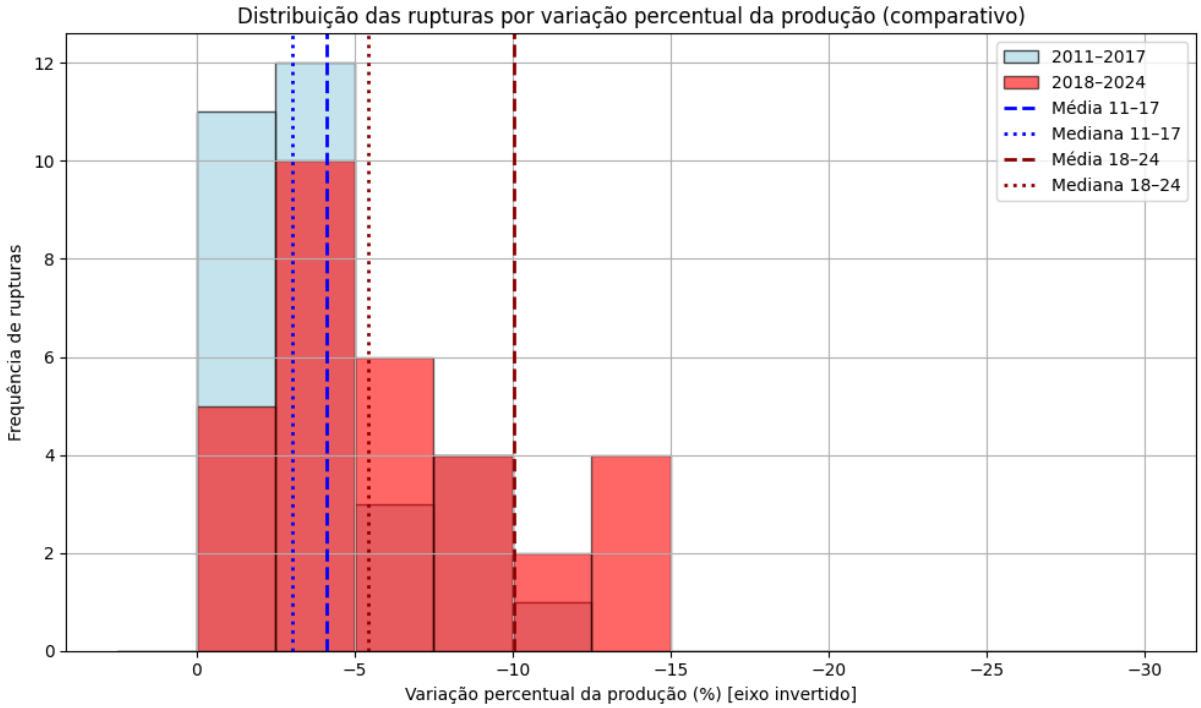
Figura 2 – Histograma Variação Percentual da Produção (2018-2024)



Fonte: Elaborado pelo autor

Na Figura 3 é possível observar a diferença entre os dois períodos a partir da sobreposição das duas distribuições, destacando visualmente o deslocamento da média e da mediana no período pós-2018. A linha vermelha pontilhada representa a mediana de -5,43% no período recente, enquanto a linha azul mostra a mediana de -3,04% entre 2011 e 2017. Essa mudança evidencia que as rupturas se tornaram mais intensas (quedas maiores) após o início da guerra comercial e do aumento das tarifas.

Figura 3 – Histograma Variação Percentual da Produção Comparação dos Períodos



Fonte: Elaborado pelo autor

As Tabelas 1 e 2 mostram as estatísticas das quedas na produção nos dois períodos, ilustrando que a distribuição das quedas após 2018 se desloca consideravelmente para a direita, com percentis de valores mais baixos em todas as faixas. As abordagens empíricas utilizadas, continuam a investigação do papel das tarifas como fator explicativo para rupturas produtivas mais severas.

Tabela 1 – Estatísticas das Quedas na Produção de 2011 a 2017

Medida Estatística	**Valor (%)**
Média	-4,13%
Q20	-6,89%
Q25	-5,68%
Q40	-3,72%
Mediana	-3,04%
Q60	-2,54%
Q75	-2,32%
Q80	-2,26%

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 – Estatísticas das Quedas na Produção de 2018 a 2024

Medida Estatística	**Valor (%)**
Média	-10,06%
Q20	-11,51%
Q25	-9,45%
Q40	-6,53%
Mediana	-5,43%
Q60	-4,26%
Q75	-3,68%
Q80	-3,24%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Probabilidades de Ruptura

Com o objetivo de realizar os modelos logit para diferentes patamares de queda na produção de veículos, foi definido como os limiares para construção da variável $ruptura_t$ as estatísticas de queda no período após o início da guerra comercial, mostradas na Tabela 2. Esse recorte temporal foi escolhido por refletir as dinâmicas contemporâneas da cadeia de suprimentos e incorporar os efeitos estruturais causados pelo aumento das tarifas de importação

nesse período. Na prática foi realizada uma análise de sensibilidade para as diferentes proporções de queda na produção. Assim, foi feito um modelo logit para cada porcentagem de queda na produção produzindo os coeficientes β0 e β1 apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Resultados Logit

	Limiar (%)	Intercepto (β0)	Coef. tarifa_real (β1)	P-valor β1
0	-10.06	-3.606132	6.300000e-09	0.108544
1	-11.51	-3.975519	8.200000e-09	0.058706
2	-9.45	-3.529814	6.600000e-09	0.078947
3	-6.53	-2.028924	1.200000e-09	0.647022
4	-5.43	-1.984450	2.700000e-09	0.255601
5	-4.26	-1.804382	3.400000e-09	0.127801
6	-3.68	-1.554796	3.300000e-09	0.109284
7	-3.24	-1.558998	4.000000e-09	0.048208

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados da Figura 4 mostram que os coeficientes da tarifa (β_1) são positivos em todos os limiares testados, sugerindo que aumentos nas tarifas de importação estão associados a uma maior probabilidade de ocorrência de rupturas na cadeia de produção. Essa relação é consistente com a hipótese de que tarifas elevam os custos de insumos importados, o que pode levar à interrupção ou desaceleração da produção industrial.

Os p-valores associados à variável de tarifa indicam significância estatística moderada para alguns limiares, como -11,51% (p = 0,058) e -3,24% (p = 0,048), sugerindo que a relação é estatisticamente relevante apenas sob certos patamares de queda de produção. Esse padrão reforça a importância de considerar múltiplos limiares para identificar a sensibilidade dos resultados à severidade da queda na produção.

Para realizar o cálculo das probabilidades foi definida como tarifa base, 158.634.300,00 dólares, que é a média da variável tarifa_real_t no período após início da guerra comercial. Isso porque a partir a partir desse marco, as tarifas passaram a apresentar níveis persistentemente mais elevados, como ilustrado nos gráficos descritivos da seção 4.1. Assim, a média do período recente reflete um novo patamar estrutural da política tarifária, servindo como referência realista para as simulações. Conforme as especificações da seção 3.3.1 foi realizado o calculo das probabilidades de ruptura para cada limiar de queda na produção, com os resultados na Figura 5.

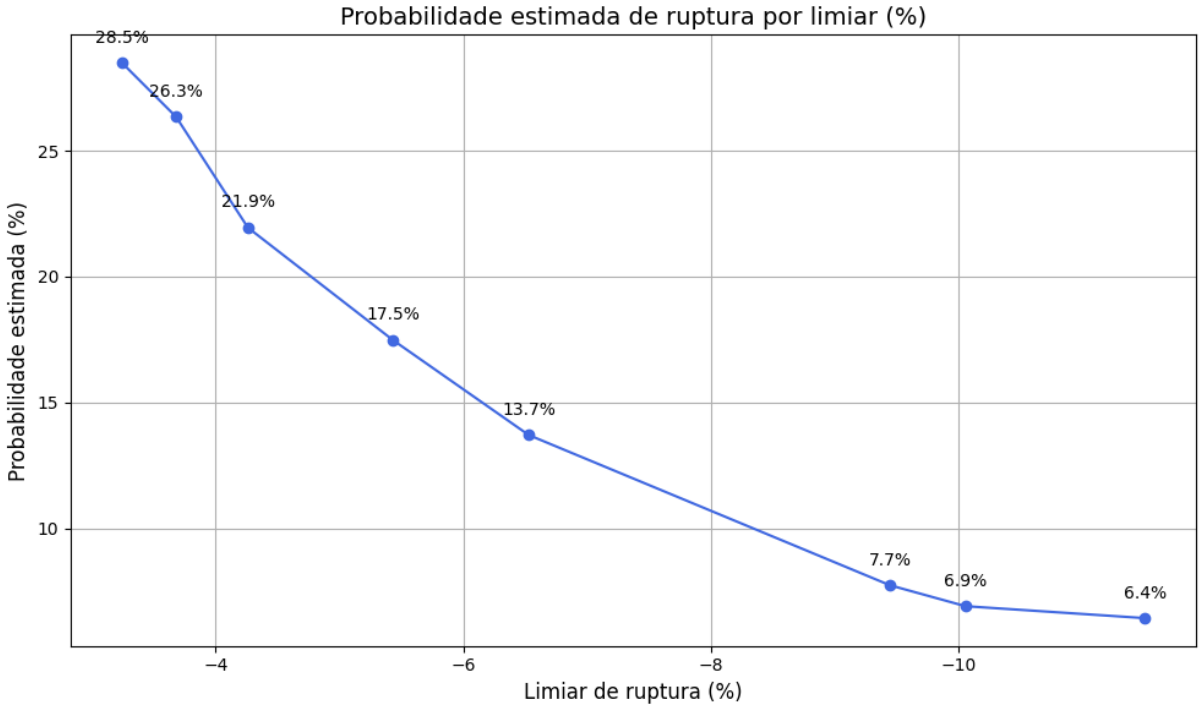
Figura 5 – Probabilidades de Ruptura

	Probabilidade (%)
0	6.904367
1	6.429582
2	7.735973
3	13.706361
4	17.488273
5	21.949903
6	26.349112
7	28.509597

Fonte: Elaborado pelo autor

É possível analisar o comportamento da probabilidade conforme a queda na produção é mais expressiva no Gráfico 2. Observa-se uma relação decrescente entre o limiar de ruptura e a probabilidade estimada, ou seja, quanto mais severo é o limiar (maior a queda de produção necessária para caracterizar uma ruptura), menor é a probabilidade estimada de que essa ruptura ocorra.

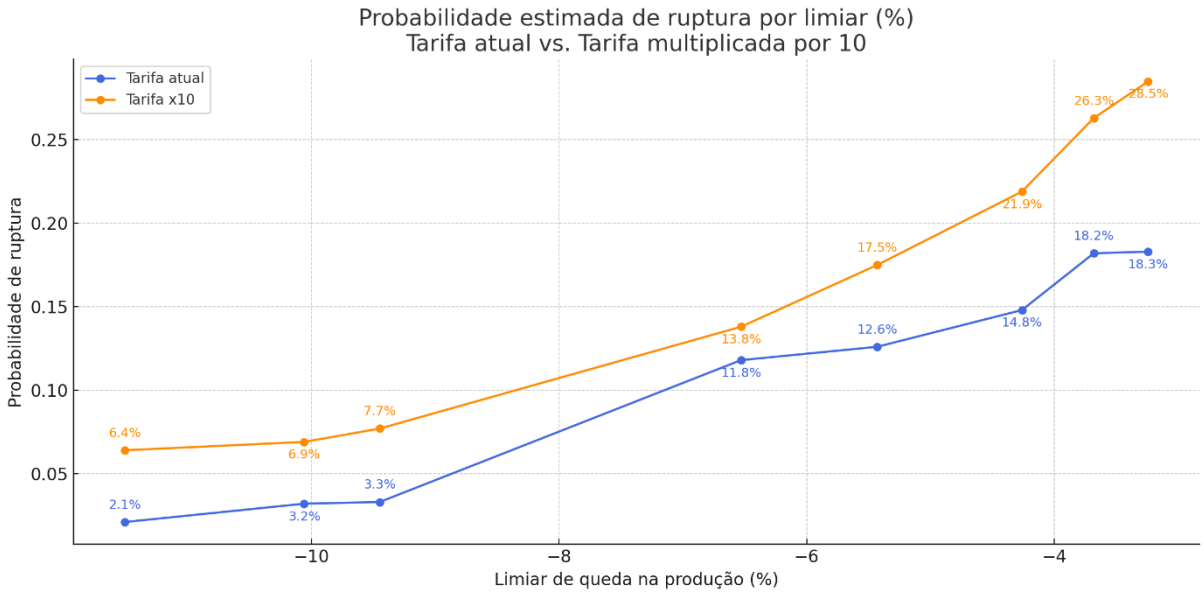
Gráfico 2 – Probabilidades Estimadas de Ruptura por Limiar



Fonte: Elaborado pelo autor

Com as probabilidades calculadas agora é possível analisar como elas se comportam dado um aumento na tarifa base. Para isso, foi calculada a média da variável tarifa_real_t no período antes do início da guerra comercial, para entender a magnitude do aumento da tarifa efetivamente paga, observado no Gráfico 1. A média no período antes foi 14.678.560,99 dólares, aproximadamente 10 vezes menor que o valor de 158.634.300,00 após início da guerra comercial. Assim, foram estimadas para cada limiar a probabilidade de ruptura dado um aumento de 10 vezes da tarifa base. Essa abordagem permite avaliar, de forma contrafactual, como o aumento efetivo das tarifas pode ter contribuído para elevações nas chances de ruptura ao longo da cadeia produtiva. O Gráfico 3 mostra essa comparação, indicando que o aumento da tarifa base aumenta a probabilidade de ruptura para todas a limiares.

Gráfico 3– Probabilidades Tarifa Base vs Tarifa Multiplicada por 10



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Efeitos das Tarifas sobre a Produção de Veículos

Os resultados econométricos indicam uma relação negativa entre tarifas de importação e a produção industrial no setor automotivo em algumas especificações. No modelo log-log com defasagem, observa-se na Figura 6, que nenhum dos coeficientes estimados para as variáveis principais apresenta significância estatística ao nível de 5% (p-valor < 0,05), portanto,

não há evidência estatisticamente robusta de que tarifas tenham efeito significativo sobre a produção nos períodos considerados.

No entanto os coeficientes oferecem alguma intuição econômica, o coeficiente da variável tarifa_real_t (β_0 = -3.068e-09) e o da defasagem de dois meses tarifa_real_{t-2} (β_2 = -6.2e-09) são negativos, o que está em linha com o raciocínio de que o encarecimento de insumos importados, provocado por tarifas, tende a elevar o custo de produção e, consequentemente, reduzir o volume final produzido. Já a defasagem de um mês tarifa_real_{t-1} apresentou um coeficiente positivo (β_1 = 8.966e-09).

Figura 6 – Resultados Regressão Log-Log com Defasagens Tarifárias

```
                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:           log_producao   R-squared:                       0.043
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.016
Method:                 Least Squares   F-statistic:                   0.07602
Date:                Tue, 20 May 2025   Prob (F-statistic):              0.783
Time:                        17:06:34   Log-Likelihood:                -91.772
No. Observations:                 145   AIC:                             193.5
Df Residuals:                     140   BIC:                             208.4
Df Model:                           4
Covariance Type:                  HC3
=====================================================================================
                        coef    std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-------------------------------------------------------------------------------------
Intercept             1.6246      5.886      0.276      0.783      -9.911      13.161
tarifa_real       -3.068e-09   3.41e-09     -0.901      0.368   -9.75e-09    3.61e-09
tarifa_real_lag1   8.966e-09    8.2e-09      1.094      0.274    -7.1e-09     2.5e-08
tarifa_real_lag2    -6.2e-09   5.03e-09     -1.233      0.218   -1.61e-08    3.66e-09
log_import_china     -0.2216      0.804     -0.276      0.783      -1.797       1.354
==============================================================================
Omnibus:                      156.438   Durbin-Watson:                   2.423
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):            20556.129
Skew:                          -3.122   Prob(JB):                         0.00
Kurtosis:                      60.995   Cond. No.                     1.27e+10
==============================================================================
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Este resultado está em linha com estudos anteriores, como Handley e Limão (2017), que argumentam que os efeitos adversos de tarifas sobre investimentos e produção podem ser atenuados ou mascarados no curto prazo por fatores como estoques, contratos pré-estabelecidos e rigidez na reorganização da cadeia de suprimentos.

No modelo de painel com efeitos fixos, a Figura 7 apresenta os resultados da regressão. Essa abordagem se mostrou muito eficiente para explicar os efeitos da tarifa na produção, com

R^2 overall = 0,9983, indicando que cerca de 99,8% da variação da produção é explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo.

O coeficiente estimado para a variável tarifa_real_{it} foi positivo e estatisticamente significativo ao nível de 5% (p-valor < 0,05), (β = 1,017e-07, p = 0,0001) sugerindo que, neste modelo, o aumento das tarifas está correlacionado com um aumento da produção.

Já a variável import_china_t apresenta coeficiente negativo (-0,0153) e altamente significativo (p < 0,0001), o que indica que uma redução nas importações chinesas está associada a um aumento na produção doméstica, compatível com o mecanismo de substituição de importações. A interação entre tarifa e exposição, variável interacao_t, também é significativa (coef = 0,0004, p = 0,0047), indicando que os efeitos das tarifas podem ser modulados por fatores estruturais como capacidade instalada ou dependência externa.

Figura 7 – Resultados Regressão Painel com Efeitos Fixos: Produção vs Tarifa

```
                          PanelOLS Estimation Summary
================================================================================
Dep. Variable:               producao   R-squared:                        0.9983
Estimator:                   PanelOLS   R-squared (Between):              1.0000
No. Observations:                 143   R-squared (Within):               0.9279
Date:                Tue, May 20 2025   R-squared (Overall):              0.9983
Time:                        19:36:36   Log-likelihood                   -413.30
Cov. Estimator:             Unadjusted
                                        F-statistic:                      9863.2
Entities:                           1   P-value                           0.0000
Avg Obs:                       143.00   Distribution:                   F(8,135)
Min Obs:                       143.00
Max Obs:                       143.00   F-statistic (robust):             9863.2
                                        P-value                           0.0000
Time periods:                     143   Distribution:                   F(8,135)
Avg Obs:                       1.0000
Min Obs:                       1.0000
Max Obs:                       1.0000

                              Parameter Estimates
================================================================================
              Parameter  Std. Err.     T-stat    P-value    Lower CI    Upper CI
--------------------------------------------------------------------------------
tarifa_real   1.017e-07  2.469e-08     4.1177     0.0001   5.285e-08   1.505e-07
import_china    -0.0153     0.0026    -5.9507     0.0000     -0.0203     -0.0102
interacao        0.0004     0.0001     2.8766     0.0047      0.0001      0.0007
import_total     0.3213     0.1586     2.0253     0.0448      0.0075      0.6350
frete           -0.0057     0.0010    -5.9105     0.0000     -0.0076     -0.0038
cambio          -7.2628     0.9511    -7.6362     0.0000     -9.1438     -5.3818
estoque          0.7506     0.1659     4.5236     0.0000      0.4224      1.0787
capacidade       1.7321     0.0706     24.539     0.0000      1.5925      1.8717
================================================================================
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados de outras variáveis também trazem insights importantes, como o coeficiente positivo e significante da variável capacidade_t indicando o efeito esperado de que

uma maior utilização da capacidade industrial está associada a um aumento da produção. Além disso os coeficientes negativos e também significantes nas variáveis frete_t e cambio_t demonstram que custos logísticos e instabilidade cambial impactam negativamente a produção.

Considerando que o valor adotado para significância estatística foi $p < 0{,}05$, e que todos os parâmetros mencionados superam esse critério, pode-se afirmar que o modelo de efeitos fixos fornece evidências empíricas robustas sobre os determinantes da produção no setor automotivo. Vale ressaltar, que o sinal do coeficiente da tarifa_real_t, a variável merece discussão crítica quanto à causalidade e robustez. Esses achados dialogam com autores como Acemoglu et al. (2016), que destacam a complexidade dos efeitos comerciais e suas heterogeneidades entre setores e ao longo do tempo.

4.4 Interações com Capacidade e Exposição

Com o objetivo de aprofundar a análise e na tentativa de capturar heterogeneidade no impacto das tarifas, a Figura 8 traz os resultados do modelo com interação entre tarifa_real_t e capacidade_t. Esse modelo se mostrou adequado e com bom pode explicativo pelo R^2 ajustado de 0,767, indicando que aproximadamente 76,7% da variação da variável dependente $\log(producao_t)$ é explicada pelas variáveis independentes.

Figura 8 – Resultados Regressão com Interação: Tarifa x Capacidade Produtiva

```
                            OLS Regression Results
==============================================================================
Dep. Variable:           log producao   R-squared:                       0.777
Model:                            OLS   Adj. R-squared:                  0.767
Method:                 Least Squares   F-statistic:                     1.596
Date:                Tue, 20 May 2025   Prob (F-statistic):              0.165
Time:                        19:29:54   Log-Likelihood:                 29.407
No. Observations:                 145   AIC:                            -44.81
Df Residuals:                     138   BIC:                            -23.98
Df Model:                           6
Covariance Type:                  HC3
=====================================================================================
                        coef    std err          z      P>|z|      [0.025      0.975]
-------------------------------------------------------------------------------------
Intercept             1.4538      1.404      1.035      0.301      -1.299       4.206
tarifa_real       -1.078e-09   5.55e-09     -0.194      0.846    -1.2e-08    9.81e-09
capacidade            0.0480      0.024      2.015      0.044       0.001       0.095
tarifa_capacidade  5.767e-11   9.57e-11      0.603      0.547    -1.3e-10    2.45e-10
import_china         -0.0003      0.000     -1.745      0.081      -0.001    4.28e-05
interacao         -2.673e-06   6.52e-06     -0.410      0.682   -1.54e-05    1.01e-05
import_total         -0.0067      0.014     -0.472      0.637      -0.035       0.021
==============================================================================
Omnibus:                      148.688   Durbin-Watson:                   2.253
Prob(Omnibus):                  0.000   Jarque-Bera (JB):             6530.501
Skew:                          -3.309   Prob(JB):                         0.00
Kurtosis:                      35.204   Cond. No.                     2.58e+11
==============================================================================
```

Fonte: Elaborado pelo autor

Dentre os coeficientes estimados, apenas a variável capacidade_t foi estatisticamente significativa (β_2 = 0,0480; p-valor = 0,044), sugerindo que aumentos na capacidade instalada estão positivamente associados ao nível de produção. A variável de interação $\text{tarifa_real}_t\text{_capacidade}_t$ apresentou coeficiente positivo (5,767e-11), mas não foi estatisticamente significativa (p = 0,603), indicando que não foi possível confirmar que o impacto das tarifas varia sistematicamente conforme o nível de capacidade produtiva. O mesmo vale para tarifa_real_t,que apresentou coeficiente negativo, mas com p = 0,846, e portanto não significativo.

As demais variáveis, como import_china_t, interacao_t e import_total_t, também não alcançaram significância ao nível de 5%. Dessa forma, embora a direção esperada dos coeficientes esteja em linha com o pensamento de que há efeitos mais negativos em empresas com menor capacidade, os dados não permitem afirmar com segurança estatística que esse efeito marginal seja significativo neste modelo. Ainda assim, os resultados estão coerentes com a literatura de heterogeneidade em política comercial, como discutido por Autor et al. (2016), que argumentam que os impactos do comércio internacional variam conforme a exposição setorial e a flexibilidade produtiva das firmas.

4.5 Teste de Multicolinearidade

O teste de multicolinearidade, representado pelo cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF), evidencia problemas de colinearidade em algumas variáveis do modelo, sobretudo tarifa_real_t, (VIF = 424,45) e $\text{tarifa_real}_t\text{_capacidade}_t$ (VIF = 434,34) conforme a Figura 9. Esses valores estão muito acima do limiar usualmente aceito de 10, indicando alta correlação entre essas variáveis e outras explicativas do modelo. A variável interacao_t também ultrapassa esse limite (VIF = 13,91), o que pode sugerir redundância de informação estatística e inflar os erros padrão dos coeficientes.

Figura 9 – Resultados VIF: Teste de Multicolinearidade

	Variável	VIF
0	const	771.453885
1	tarifa_real	424.453005
2	capacidade	10.811158
3	tarifa_capacidade	434.335681
4	import_china	1.676551
5	interacao	13.911498
6	import_total	2.767729

Fonte: Elaborado pelo autor

Esses resultados alertam para possíveis distorções nas estimativas dos coeficientes, ainda que os sinais gerais permaneçam coerentes com a literatura. Entretanto a maioria dos coeficientes relevantes manteve sinais coerentes com o raciocínio econômico e com os resultados apresentados na literatura, o que sugere que, embora exista correlação entre variáveis, as conclusões principais do estudo permanecem robustas. Como recomenda Gujarati (2006), valores elevados de VIF exigem cautela na interpretação dos coeficientes, mas não invalidam o modelo se os sinais e significâncias forem consistentes com hipóteses fundamentadas.

5 Discussão

Os resultados das probabilidades de ruptura para cada limiar de queda de produção, demonstram que quanto maior for a queda na produção, necessária para caracterizar uma ruptura, menor é a probabilidade estimada de que essa ruptura ocorra. Essa tendência é consistente com a lógica esperada de que quedas menores na produção são mais frequentes, e, portanto, a chance de se observar uma ruptura quando o critério é menos rigoroso é naturalmente maior. À medida que o limiar se torna mais exigente as rupturas se tornam eventos mais raros, refletindo-se em probabilidades estimadas mais baixas. Esse comportamento também sugere que, para avaliar o impacto das tarifas sobre a estabilidade da produção, é importante considerar quais limiares são mais relevantes do ponto de vista operacional ou político, já que a sensibilidade do sistema produtivo às tarifas varia conforme a severidade da ruptura considerada.

Em relação aos resultados do modelo com defasagem sobre a variável tarifa_real_t, é possível especular que a ausência de significância estatística e os sinais divergentes entre os coeficientes das tarifas ao longo do tempo possam refletir tanto limitações dos dados quanto efeitos econômicos mais complexos. A defasagem de um mês tarifa_real_{t-1} surpreendeu ao apresentar sinal positivo, ainda que sem significância estatística ao nível de 5%. Uma possível explicação é que, no curto prazo, as empresas possam responder ao anúncio ou implementação de tarifas com aumento da produção como forma de antecipar estoques ou adaptar contratos de fornecimento já firmados, antes que o impacto total da tarifa se manifeste. Além disso, o baixo R^2 do modelo (0,043) sugere que grande parte da variabilidade na produção não é explicada pelas variáveis utilizadas, reforçando a hipótese de omissão de fatores relevantes, como choques de demanda, políticas industriais paralelas ou variações setoriais não capturadas no modelo.

No modelo de efeito fixo o coeficiente positivo da variável tarifa_real_{it} é contrário a expectativa teórica usual de que tarifas elevam custos e reduzem produção. Esse resultado pode ser reflexo de limitações na identificação causal, como efeitos de substituição por insumos domésticos, políticas industriais paralelas ou até multicolinearidade com outras variáveis do modelo. Outro motivo pode ser o fato de que as tarifas agregadas nem sempre refletem com precisão a composição dos bens efetivamente utilizados na produção de veículos.

No modelo com interação entre tarifa e capacidade instalada, os sinais dos coeficientes das variáveis tarifa_real_t e $\text{tarifa_real}_t\text{_capacidade}_t$, podem indicar que o efeito das tarifas

sobre a produção varia conforme o nível de capacidade ociosa, mas que a heterogeneidade produtiva não foi captada com robustez no modelo. Já a ausência de significância dos coeficientes, pode ser atribuída, a problemas como agregação de dados, multicolinearidade entre variáveis explicativas ou proxies imperfeitas para a flexibilidade operacional das empresas. Além disso, a interação linear simples pode não capturar de forma adequada relações não lineares entre rigidez produtiva e sensibilidade a choques tarifários.

Com base nesses resultados, é possível afirmar que os achados empíricos sobre os efeitos das tarifas variam conforme a especificação econométrica adotada, sugerindo uma relação sensível à forma como o modelo é estruturado e à qualidade dos dados utilizados. Isso reforça a importância de utilizar múltiplas abordagens para captar a complexidade da interação entre políticas comerciais e cadeias produtivas.

Além disso, os resultados do teste de multicolinearidade alertam para possíveis distorções nas estimativas dos coeficientes, ainda que os sinais gerais permaneçam coerentes com a literatura. Entretanto a maioria dos coeficientes relevantes manteve sinais coerentes com o raciocínio econômico e com os resultados apresentados na literatura, o que sugere que, embora exista correlação entre variáveis, as conclusões principais do estudo permanecem robustas. Como recomenda Gujarati (2006), valores elevados de VIF exigem cautela na interpretação dos coeficientes, mas não invalidam o modelo se os sinais e significâncias forem consistentes com hipóteses fundamentadas.

6 Limitações

Apesar dos resultados obtidos fornecerem evidências que confirmam o impacto negativo do aumento de tarifas sobre a produção industrial no setor automotivo, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas. A análise baseou-se em amostras de dados disponíveis, agregados mensais e proxies como a tarifa real efetivamente paga, que podem não captar com precisão os efeitos microeconômicos sobre empresas específicas. Além disso, apesar das fontes acessadas serem de referência, os resultados da análise dependem da confiabilidade e precisão dos dados utilizados.

A presença de valores elevados do Fator de Inflação da Variância (VIF), especialmente para a variável tarifa_real_t e suas interações, indica que parte da variância dessas variáveis é compartilhada com outras do modelo, ou seja, há multicolinearidade entre variáveis explicativas. Isso pode comprometer a precisão dos coeficientes estimados, embora não invalide a direção dos efeitos.

Vale ressaltar que a análise realizada depende de um contexto específico, a guerra comercial EUA-China. A generalização para outros contextos ou países com políticas comerciais diferentes deve ser feita com cautela.

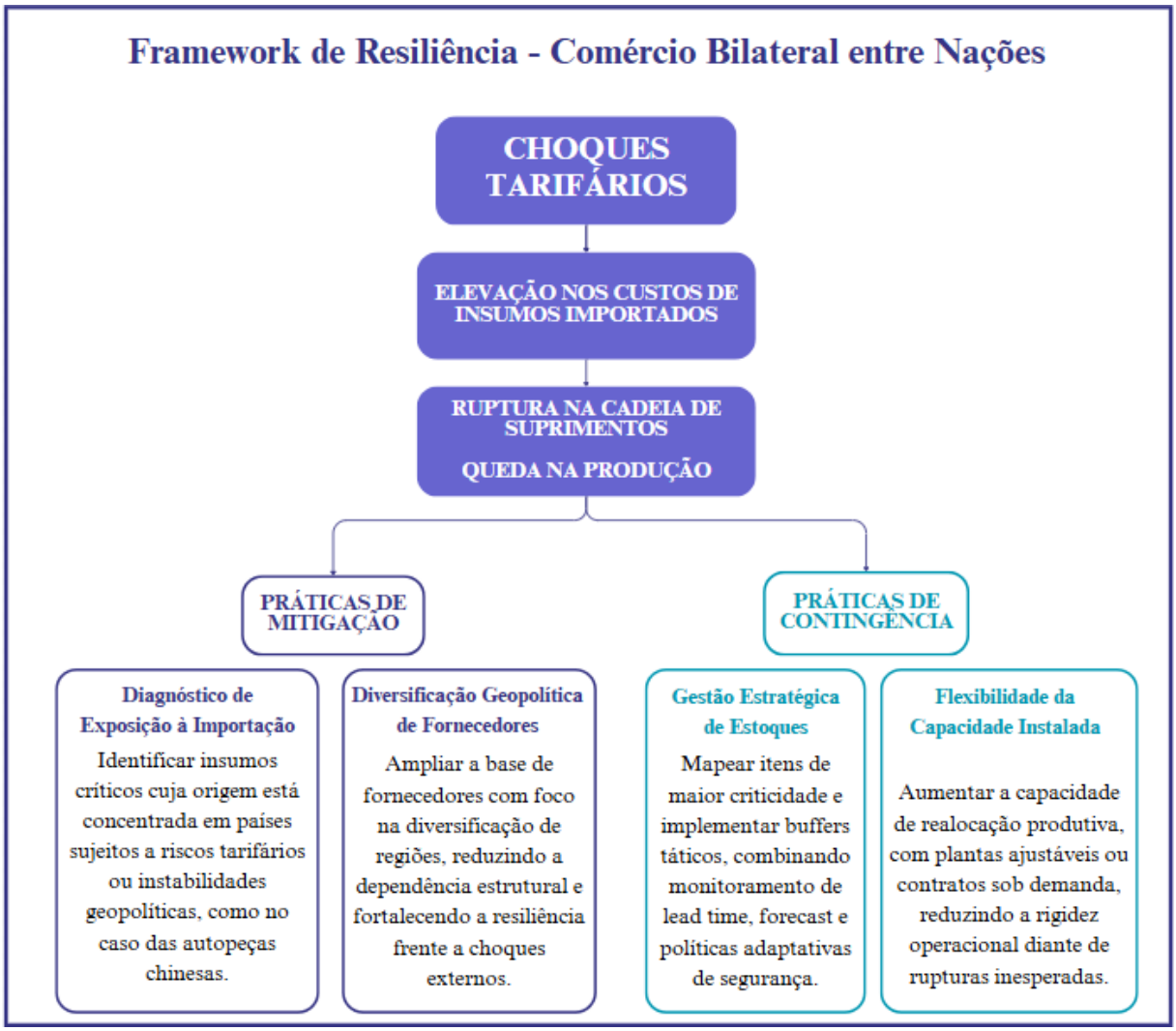
7 Conclusão

Os principais achados desse estudo sugerem que aumentos nas tarifas comerciais estão associados a uma redução na produção de veículos em várias especificações econométricas, dentro desse contexto de dados. Essa descoberta está em linha com a teoria econômica que prevê efeitos como a elevação de custos e a desorganização das cadeias globais de valor. Ainda que os efeitos não sejam universalmente significativos em todas as regressões, a consistência dos sinais negativos em modelos defasados e a sensibilidade observada nos testes de robustez reforçam a hipótese de que políticas comerciais protecionistas podem gerar impactos adversos no desempenho industrial.

Assim, com base nos resultados empíricos obtidos, propõe-se um *framework* de resiliência produtiva, Figura 10, aplicável a cadeias de suprimento expostas a choques tarifários. Como práticas de mitigação em primeiro lugar, é essencial o diagnóstico da exposição à importação, com a identificação de insumos críticos provenientes de países sujeitos a instabilidades comerciais, como no caso das autopeças chinesas. Quando não há possibilidade de produção doméstica desses itens, a recomendação seria ampliar a diversidade geopolítica de fornecedores, não apenas por conta de possíveis conflitos comerciais diretos como o entre EUA e China, mas também como uma medida de proteção contra conflitos geopolíticos indiretos ao longo da cadeia de produção, reduzindo o grau de vulnerabilidade estrutural. Essa prática se conecta com Li & Hu (2023) argumentam sobre risco e ineficiência causados por políticas comerciais incertas e com Gereffi (2020) e Ivanov (2020) sobre redes de suprimento viáveis e sustentáveis.

Em termos de medidas de contingência à flexibilidade da capacidade instalada é um ponto importante, uma vez que os resultados indicam que empresas com menor margem de ajuste tendem a ser mais afetadas negativamente por aumentos tarifários. A gestão estratégica de estoques também se mostra fundamental, diante de oscilações logísticas ou tarifárias, analises como inventário de peças críticas, monitoramento de *lead time* e o desenvolvimento de um *forecast* eficiente entram como pontos chave para mitigar o risco de interrupções produtivas. Esses insights estão em linha com o que Ballou (2006) e Wilson (2012), apresentam sobre planejamento logístico e estoques críticos e Carreras & Ferrari (2025) sobre perda de produção vinculada a tarifas e rigidez operacional.

Figura 10 – Framework de Resiliência



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse conjunto de diretrizes sintetiza, em termos práticos, os principais aprendizados extraídos da análise econométrica e oferece *insights* para o desenho de políticas industriais mais resilientes em ambientes de incerteza global.

8 Referências

ACEMOGLU, Daron; AKCIGIT, Ufuk; KERR, William R. Networks and the macroeconomy: An empirical exploration. In: Handbook of Macroeconomics, v. 2, p. 61–124, Elsevier, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/bs.hesmac.2016.03.005.

AMITI, Mary; REDDING, Stephen; WEINSTEIN, David. The impact of the 2018 trade war on U.S. prices and welfare. *Journal of Economic Perspectives*, v. 33, n. 4, p. 187–210, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1257/jep.33.4.187. Acesso em: 18 set. 2024.

AUTOR, David; DORN, David; HANSON, Gordon. The China Syndrome: Local Labor Market Effects of Import Competition in the United States. *American Economic Review*, v. 103, n. 6, p. 2121–2168, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1257/aer.103.6.2121. Acesso em: 18 set. 2024.

AUTOR, David H.; DORN, David; HANSON, Gordon H. The China shock: learning from labor-market adjustment to large changes in trade. Annual Review of Economics, v. 8, p. 205–240, 2016. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080315-015041.

BALLOU, Ronald H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BLOOMBERG. *Bloomberg Terminal – Automotive supply chain tariff data (2018–2020)*. New York: Bloomberg L.P., 2025.

BUSSAB, Wilton de Oliveira; MORETTIN, Pedro Alberto. Estatística básica. 9. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2017.

CARRERAS-VALLE, Maria Jose; FERRARI, Alessandro. The Cost of Delivery Delays: Global Sourcing, Tariffs and Output Loss. arXiv, 15 jan. 2025. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2501.08728. Acesso em: 12 jun. 2025.

CHRISTOPHER, Martin. *Logistics and supply chain management: strategies for reducing costs and improving service*. 5. ed. Harlow: Pearson Education, 2016.

CHRISTOPHER, Martin; PECK, Helen. Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2004. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09574090410700275/full/html. Acesso em: 18 set. 2024.

FERNANDES, M. G. A.; HATAKEYAMA, K.; & SOUZA, R. “Supply Chain Performance and Economic Growth: The Impact of Logistics”, Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 150, p. 15–29, 2021 .

GEREFFI, Gary. What does the COVID-19 pandemic teach us about global value chains? The case of medical supplies. *Journal of International Business Policy*, v. 3, p. 287–301, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1057/s42214-020-00062-w. Acesso em: 18 set. 2024.

GUJARATI, Damodar N. Econometria básica. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 2006.

HALD, Kim Sundtoft; COSLUGEANU, Paula. The preliminary supply chain lessons of the COVID-19 disruption—What is the role of digital technologies? *Operations Management Research*, v. 14, n. 1, p. 1-10, 2021. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s12063-021-00207-x. Acesso em: 14 set. 2024.

HANDLEY, Kyle; LIMÃO, Nuno. Policy uncertainty, trade, and welfare: theory and evidence for China and the United States. *American Economic Review*, v. 107, n. 9, p. 2731–2783, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1257/aer.20141419. Acesso em: 18 set. 2024.

JOHNSON, Robert C.; NOGUERA, Guillermo. Accounting for intermediates: production sharing and trade in value added. *Journal of International Economics*, v. 86, n. 2, p. 224–236, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2011.10.003. Acesso em: 18 set. 2024.

LI, Jian; HU, Zheng. *How does trade policy uncertainty affect supply chain efficiency?* Sustainability, Basel, v. 15, n. 9, p. 7140, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15097140. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/9/7140. Acesso em: 11 maio 2025.

MARTIN, Fernando M.; SÁNCHEZ, Juan M.; WILKINSON, Olivia. The Economic Impact of COVID-19 around the World. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, v. 105, n. 2, p. 74-88, 2023. Disponível em: https://files.stlouisfed.org/files/htdocs/publications/review/2023/04/10/the-economic-impact-of-covid-19-around-the-world.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

ONORIODE, Henry Emakpor. *The impact of trade policies on global supply chains*. Spring Journals, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1–15, 2025. Disponível em: https://springjournals.net/articles/pdf/620119012025. Acesso em: 11 maio 2025.

QUEIROZ, M. M.; IVANOV, D.; DOLGUI, A.; WAMBA, S. F. Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a

structured literature review. *Annals of Operations Research*, [S. l.], p. 1-38, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7. Acesso em: 18 set. 2024.

RAND CORPORATION. Taiwan, semiconductors, and the U.S. defense industrial base: mitigating supply chain vulnerabilities. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2023. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA1275-3.html.

SANTACREU, Ana Maria; LABELLE, Jesse. Global Supply Chain Disruptions and Inflation During the COVID-19 Pandemic. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, v. 103, n. 4, p. 1-18, 2021. Disponível em: https://research.stlouisfed.org/publications/review/2021/03/15/global-supply-chain-disruptions-and-inflation-during-the-covid-19-pandemic. Acesso em: 14 set. 2024.

STATISTA. *Chinese exports of motor vehicle parts and accessories by destination in 2018*. 2019. Disponível em: https://www.statista.com/chart/20913/chinese-exports-of-motor-vehicle-parts-and-accessories/. Acesso em: 11 maio 2025.

UNITED STATES INTERNATIONAL TRADE COMMISSION. *DataWeb: U.S. Trade & Tariff Data*. Disponível em: https://dataweb.usitc.gov/. Acesso em: 28 abril 2025.

WAGNER, Stephan M.; NESHAT, Naghmeh. Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. International Journal of Production Economics, v. 126, n. 1, p. 121–129, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.012

WILSON, Joanna. Nokia's Supply Chain Management. KEL673. Evanston: Kellogg School of Management, Northwestern University, 2012. Caso de ensino elaborado sob supervisão de Russell Walker.