

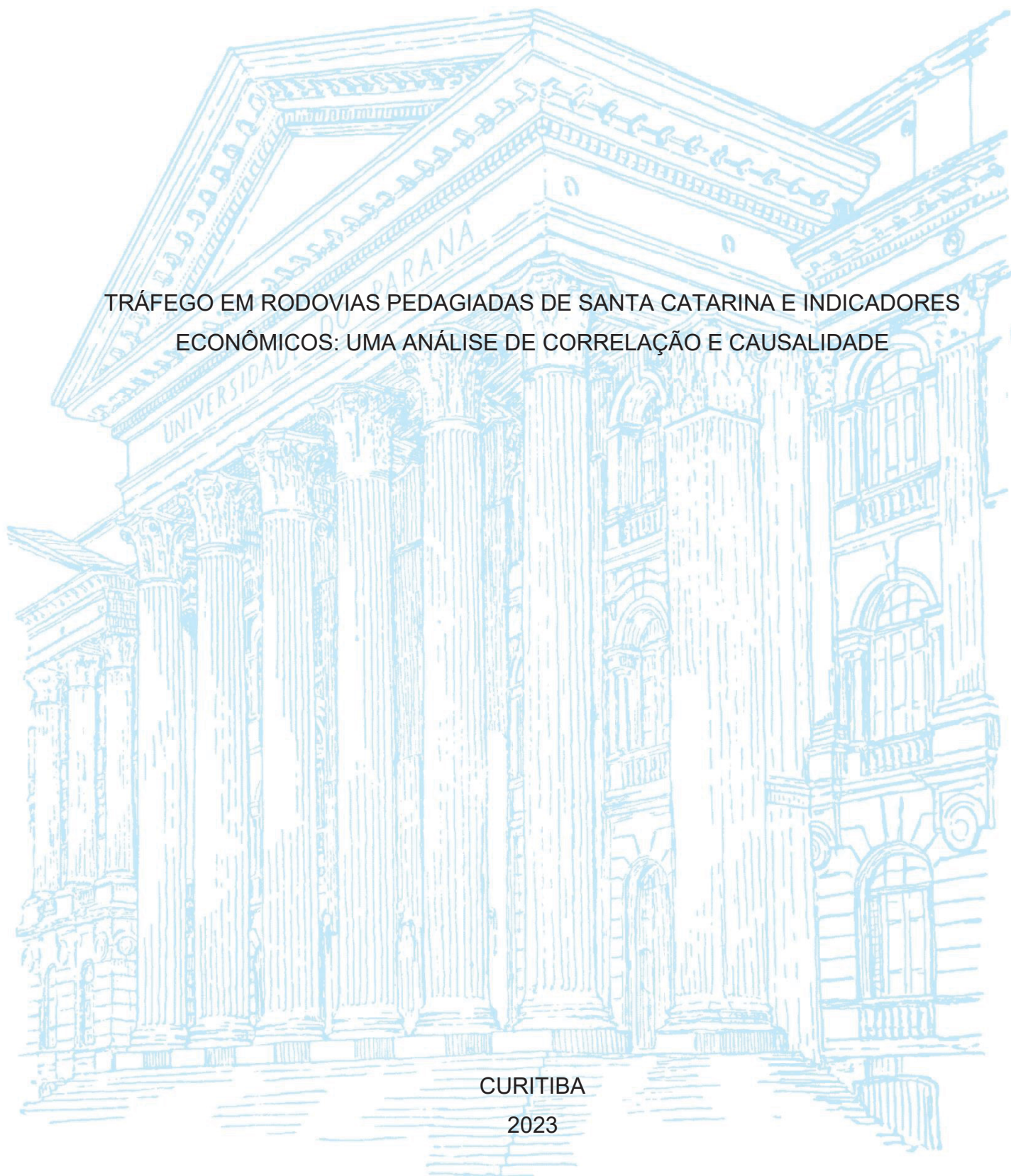
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FERNANDO CESAR DA SILVA

TRÁFEGO EM RODOVIAS PEDAGIADAS DE SANTA CATARINA E INDICADORES
ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CAUSALIDADE

CURITIBA

2023



FERNANDO CESAR DA SILVA

TRÁFEGO EM RODOVIAS PEDAGIADAS DE SANTA CATARINA E INDICADORES
ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO E CAUSALIDADE

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Economia, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme Silva Vieira

CURITIBA

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Silva, Fernando Cesar da

Tráfego em rodovias pedagiadas de Santa Catarina e indicadores econômicos : uma análise de correlação e causalidade / Fernando Cesar da Silva. – Curitiba, 2023.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Economia.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme Silva Vieira.

1. Volume de tráfego. 2. Veículos. 3. Indicadores econômicos. 4. Correlação (Estatística). 5. Pedágio de rodovias. I. Vieira, José Guilherme Silva. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Economia. III. Título.

Bibliotecária: Maria Lidiane Herculano Graciosa CRB-9/2008

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ECONOMIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **FERNANDO CESAR DA SILVA** intitulada: **TRÁFEGO EM RODOVIAS PEDAGIADAS DE SANTA CATARINA E INDICADORES ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE DE CORRELAÇÃO, CAUSALIDADE**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Outubro de 2023.

Assinatura Eletrônica

01/12/2023 10:58:21.0

JOSÉ GUILHERME SILVA VIEIRA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

05/12/2023 16:06:07.0

LUCAS CASONATO JACINTO

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

01/12/2023 11:53:35.0

ELSON RODRIGO DE SOUZA SANTOS

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, preciso agradecer a Deus, por ter me dado a oportunidade de viver e estudar, de me dar dons que posso desenvolver para ajudar pessoas e a comunidade. Essa dissertação é a conclusão de um mestrado que faz eu seguir em busca do meu propósito de vida.

Agradeço aos meus pais, Sérgio e Elisabete, que desde bebê me ensinaram tudo, deram excelentes condições para estudos e me educaram para agir com princípios corretos e justos. Eles foram os que mais incentivaram para a conclusão do mestrado.

Também agradeço minha namorada, Daniele, que esteve ao meu lado nos momentos bons e principalmente nos difíceis, orientando e incentivando para que eu buscasse respostas e pudesse concluir essa etapa.

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram nesse processo, principalmente no incentivo e na busca por autoconhecimento que realizei no ano de 2023.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de regressões lineares e modelagem de vetores autorregressivos (VAR) de tráfego de veículos pesados em praças de pedágio localizadas no Estado de Santa Catarina, mais especificamente nas rodovias BR-101 e BR-116. Foram utilizados os dados de tráfego mensal desde 2009 até 2022 e realizadas as regressões em relação a indicadores econômicos de valor adicionado em Santa Catarina (esses de 2018 a 2020), produção industrial e vendas no varejo nos Estados de SP, PR, SC e RS, especialmente dos municípios em que há alto número de viagens de origem e/ou destino e que passam pelas praças de pedágio de ambas as concessionárias. Os resultados obtidos foram satisfatórios, provando o impacto da atividade econômica no tráfego das rodovias. Diversos cenários foram simulados e, apesar de não ter sido possível confirmar a causalidade entre as variáveis, provou-se a correlação entre elas. Os resultados também apresentam análise de cointegração.

Palavras-chave: volume de tráfego; veículos pesados; indicadores econômicos; correlação; regressão linear; concessionárias de rodovias.

ABSTRACT

This work presents a study of linear regressions and vector autoregressive (VAR) modeling of heavy vehicle traffic at toll plazas located in the State of Santa Catarina, more specifically on the BR-101 and BR-116 highways. Monthly traffic data was used from 2009 to 2022 and regressions were carried out in relation to economic indicators of added value in Santa Catarina (from 2018 to 2020), industrial production and retail sales in the states of SP, PR, SC and RS, especially in municipalities where there are a high number of origin and/or destination trips and which pass through the toll plazas of both concessionaires. The results obtained were satisfactory, proving the impact of economic activity on highway traffic. Several scenarios were simulated and, although it was not possible to confirm the causality between the variables, the correlation between them was proven. The results also present cointegration analysis.

Keywords: traffic flow; heavy vehicle; economic indicators; correlation; linear regressions; highway concession.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRADAS DE FERRO BRASILEIRAS NO ANO DE 1910.....	21
FIGURA 2: ESTRADAS DE FERRO BRASILEIRAS NO ANO DE 2009.....	22
FIGURA 3: RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS NO PERÍODO DE 1957 A 1964	22
FIGURA 4: RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS NO ANO DE 2019.....	23
FIGURA 5: FERROVIAS EXISTENTES E PROPOSTAS EM SANTA CATARINA NO ANO DE 2003	24
FIGURA 6: CONCESSÕES RODOVIÁRIAS DA SEGUNDA ETAPA	27
FIGURA 7: ELASTICIDADES PARA VEÍCULOS PESADOS.....	35
FIGURA 8: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 3 - LITORAL SUL	47
FIGURA 9: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 3 - PLANALTO SUL.....	47
FIGURA 10: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 14	49
FIGURA 11: FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA DO TRÁFEGO E VALOR ADICIONADO - 2018 a 2020	50
FIGURA 12: FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA DO TRÁFEGO, PRODUÇÃO E VENDAS - 2009 a 2022	51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGAS NA RMS E FTC	25
GRÁFICO 2: VOLUME DE VEÍCULOS PESADOS NA ARTERIS LITORAL SUL	29
GRÁFICO 3: VOLUME DE VEÍCULOS PESADOS NA ARTERIS PLANALTO SUL.	30

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: VOLUME DE TRÁFEGO MÉDIO MENSAL NA ARTERIS LITORAL SUL	28
QUADRO 2: VOLUME DE TRÁFEGO MÉDIO MENSAL NA ARTERIS PLANALTO SUL	28
QUADRO 3: EIXOS EQUIVALENTES POR TIPO DE VEÍCULO.....	30
QUADRO 4: CINCO PRINCIPAIS PARES OD DA LITORAL SUL.....	31
QUADRO 5: CINCO PRINCIPAIS PARES OD DA PLANALTO SUL.....	32

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: TRANSPORTE POR CABOTAGEM EM SANTA CATARINA	25
TABELA 2: RESULTADOS DAS REGRESSÕES DOS QUATRO CENÁRIOS DE 2018 A 2020.....	52
TABELA 3: RESULTADOS DAS REGRESSÕES DOS SEIS CENÁRIOS DE 2009 A 2022	53
TABELA 4: ANÁLISE DE COINTEGRAÇÃO – TRÁFEGO E VALOR ADICIONADO	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVAS	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE PARA A ECONOMIA	18
2.2 PREDOMINÂNCIA DO MODAL RODOVIÁRIO NO BRASIL	20
2.2.1 Histórico e expansão rodoviária no Brasil	20
2.2.2 Divisão do transporte de cargas por modo de transporte.....	21
2.3 CONCESSÕES RODOVIÁRIAS E CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO	26
2.3.1 Concessões rodoviárias no Brasil	26
2.3.2 Volume de tráfego nas rodovias de Santa Catarina	27
2.3.3 Origem e destino das viagens	31
2.4 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS.....	33
3 REGRESSÕES, SÉRIES TEMPORAIS E MODELAGEM DOS DADOS	37
3.1 REGRESSÕES LINEARES SIMPLES E MÚLTIPLAS	37
3.2 MODELO VAR	38
3.3 TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER.....	42
3.4 COINTEGRAÇÃO	42
3.5 BASE E MODELAGEM DOS DADOS.....	43
4 ANÁLISE DE CENÁRIOS E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	45
4.1 MODELO VAR E CAUSALIDADE - CENÁRIOS INICIAIS	45
4.2 MODELO VAR E CAUSALIDADE - CENÁRIOS FINAIS.....	48
4.3 FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA.....	50
4.4 REGRESSÕES LINEARES.....	52
4.5 ANÁLISE DE COINTEGRAÇÃO	55
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	57
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A – RESULTADOS DOS 10 PRIMEIROS CENÁRIOS	64
APÊNDICE B – RESULTADOS DOS CINCO CENÁRIOS FINAIS	65

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção são apresentados o problema e justificativa do estudo, bem como os objetivos principal e específicos. Também é apresentada a estrutura do trabalho.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E JUSTIFICATIVAS

No Brasil, a matriz de transportes de cargas é desbalanceada, tendo grande concentração no modal rodoviário. No ano de 2011, o modal rodoviário era responsável por transportar mais da metade dos produtos no Brasil (52%), sendo acompanhado pelo modal ferroviário, com 30% (BRASIL, 2012). O panorama não mudou na última década, uma vez que, em 2017, o transporte rodoviário era responsável pelo transporte de 66,21% do total de Toneladas por Quilômetro-Útil (TKU, em inglês) de cargas transportadas no Brasil, enquanto a proporção de transporte ferroviário era de 17,69% (BRASIL, 2021).

Apesar de não haver dados específicos por estado da federação, o cenário em Santa Catarina não é diferente do apresentado acima tendo em vista que não houve ampliação do modal ferroviário desde o início das concessões rodoviárias das BR-101 e BR-116 em 2008. Os dados de transporte de cargas nas ferrovias catarinenses demonstram estabilidade de 2010 a 2020 e a cabotagem, apesar de ter aumentado nos últimos anos, não apresenta ainda grande participação na divisão modal (ANTT e BRASIL, 2021). Esses dados serão melhor apresentados na próxima seção.

Diante deste cenário, é evidente que há relação direta entre a evolução do tráfego rodoviário e o desempenho da economia brasileira. No ano de 2018, o país passou por um período de crise marcado por uma greve de caminhoneiros, o que desencadeou em forte quebra da cadeia logística e de produção, afetando fortemente indicadores econômicos. Esse cenário, de certa forma, se repetiu em 2020 devido à pandemia de COVID-19, onde a contração da economia nacional e mundial afetaram o tráfego de veículos nas rodovias.

Ainda que, empiricamente, se saiba que o desempenho de tráfego e consequentemente o desempenho financeiro das concessionárias de rodovias estejam relacionados ao desempenho das economias nacional e regional, atualmente não há literatura, ao menos nacional, que correlacione essas variáveis. No entanto,

há literatura internacional que corrobora essa correlação, indicando que a projeção de indicadores econômicos pode ser utilizada para estimar o tráfego de cargas.

As concessionárias que atuam em Santa Catarina desde 2008 (Autopista Litoral Sul e Autopista Planalto Sul, do grupo Arteris) registram variações expressivas no tráfego e na receita pedagiada em períodos de avaliação, que podem ser semanais, quinzenais, mensais, trimestrais, anuais e até mesmo em períodos específicos como feriados, porém não se consegue mensurar com clareza as justificativas do desempenho.

Segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV), o peso do transporte rodoviário de carga é estimado em torno de 1,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, considerando análise das contas nacionais entre 2010 e 2017. Porém, o impacto do setor na economia pode ser em torno de 29%, porque esse modal permite que haja interligação entre mercados produtores e consumidores, fazendo com que a economia flua (FGV, 2020).

Entre os gestores de concessões rodoviárias há dúvidas inclusive se o tráfego das rodovias antecede o desempenho econômico ou o contrário que é verdadeiro. Do mesmo modo, essas dúvidas impedem que projeções futuras sejam assertivas, além de dificultar o planejamento estratégico das empresas, que poderiam envidar esforços para aumentar suas receitas com base na composição do tráfego pedagiado.

Qualquer investimento precisa de previsibilidade e o mínimo de segurança nas projeções de custos e receitas para ser viável. Se houver um modelo validado a partir de testes de correlação e causalidade, os investidores dos grupos de concessão conseguirão gerir melhor o negócio e torná-lo mais rentável, além de garantir investimentos na infraestrutura das rodovias, gerando ganhos para a sociedade. É nesse contexto que está inserido o presente trabalho.

1.2 OBJETIVOS

Neste tópico apresentam-se os objetivos geral e específicos que este trabalho pretende alcançar, servindo como base para o trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Estudar a correlação e possível causalidade entre indicadores econômicos e o tráfego de veículos pesados passantes nas praças de pedágio da Arteris Litoral Sul e Arteris Planalto Sul, administradoras das rodovias BR-101 e BR-116, respectivamente. O trabalho terá foco no tráfego do estado de Santa Catarina.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos apresentados abaixo serão utilizados para se atingir o objetivo geral:

- Mapear a condição de tráfego das praças de pedágio das rodovias analisadas a partir de estudo origem/destino;
- Identificar a correlação entre indicadores econômicos regionais e o tráfego das praças de pedágio no período analisado;
- Identificar se há causalidade e/ou cointegração entre os indicadores econômicos e o tráfego de veículos pesados.

1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA DO TRABALHO

Para alcançar os objetivos propostos acima, o autor utilizará dados obtidos junto às concessionárias das rodovias, tendo em vista que é funcionário do grupo. Assim, poderá avaliar o tráfego das praças de pedágio desde 2009 até 2022 e dados de pesquisa origem/destino realizado em 2018, além de outros estudos contratados pelo grupo para caracterização do tráfego.

Também serão utilizados dados de indicadores econômicos obtidos em fontes públicas disponíveis na internet, bem como dados repassados pela Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC), com base em parceria estabelecida pelo Grupo Arteris e a instituição.

O autor apresentará uma revisão da literatura e da condição de transporte no Brasil principalmente na última década. Também será exposto o método econométrico para obtenção dos resultados.

Será utilizado o software econométrico Stata, na versão 12, para tratamento dos dados e realização das regressões lineares, modelagem VAR e testes de

causalidade a partir dos dados das séries de tempo que serão observadas após a consolidação dos dados expostos anteriormente e nas seções seguintes.

Diante disso, este trabalho está dividido em cinco capítulos, incluindo este introdutório. O capítulo dois apresenta a fundamentação teórica, considerando o histórico de movimentação de cargas no Brasil e em Santa Catarina, a caracterização do tráfego de veículos pesados nas praças de pedágio das rodovias BR-101 e BR-116 e estudos anteriores que analisam a relação entre as variáveis. O capítulo três apresenta a teoria de regressão lineares e tratamento de séries temporais, bem como VAR, causalidade e cointegração.

O capítulo quatro traz o estudo de caso sobre o tráfego das praças e sua aplicabilidade junto aos indicadores econômicos escolhidos e justificados e a consequente possibilidade de regressões e análises econométricas. Também neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos e as discussões. Por fim, o capítulo cinco traz as conclusões do estudo e as recomendações para trabalhos posteriores.

2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica, considerando o histórico de movimentação de cargas no Brasil e em Santa Catarina, a dependência do modal rodoviário, a caracterização do tráfego de veículos pesados nas praças de pedágio das rodovias BR-101 e BR-116 e estudos anteriores que analisam a relação entre as variáveis.

2.1 IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE PARA A ECONOMIA

Segundo Rocha (2015), o transporte é um dos fatores principais de produção na economia e incentivador de riqueza e desenvolvimento, uma vez que gera empregos, auxilia para melhorar a distribuição de renda e diminui a distância entre a zona rural e urbana, proporcionando melhor qualidade de vida para a população.

Assim, é possível entender que a infraestrutura disponível para o transporte de cargas e de pessoas influencia no desenvolvimento econômico das regiões em que está presente e para todo o país, permitindo a troca de bens produzidos e seu escoamento para as diversas regiões, inclusive para outros países.

Barat (1969) afirma que “o sistema econômico dispõe de um potencial de mão-de-obra, recursos naturais e de capital e com isso gera bens e serviços destinados ao consumo da população, à reposição do equipamento desgastado e à expansão do estoque de capital existente”.

O autor continua afirmando que esta complexidade da atividade produtiva exige uma participação crescente do setor transportes no deslocamento dos fluxos de bens finais, gerados no sistema econômico, assim como dos bens intermediários e fatores de produção necessários à geração daqueles bens finais. O setor transportes está ligado ao suprimento de matérias primas e de combustíveis, ao deslocamento da mão-de-obra, bem como à distribuição do produto final. Por fim, o autor indica que o setor de transporte é uma condição necessária, mas não suficiente para o desenvolvimento econômico de uma região.

Araújo (2006) confirma que “a debilidade do setor de transporte limita a realização da potencialidade do desenvolvimento não só porque as más condições de transporte restringem as possibilidades de ganhos através do comércio, mas também

porque uma infraestrutura ruim pode afetar adversamente o crescimento da produtividade dos outros setores”.

Estudos demonstram que, mesmo que um país tenha potencial para o crescimento da economia, é necessário que existam meios eficientes para que os produtos possam ser transportados, correndo-se o risco dos ganhos de produtividade continuarem a ser perdidos devido à ineficiência do sistema de transporte (Resende, Guilhoto e Hewings, 2003 *apud* Araújo, 2006).

Preston (2001), disserta que a ligação entre transporte e renda é óbvia, mas a ligação entre investimento em transporte e desenvolvimento econômico ainda não está bem resolvida. De fato, existe uma controvérsia a respeito de quem vem primeiro. O autor salienta ainda a importância das interações entre transporte, salário, nível de emprego e fluxo de bens intermediários.

A conclusão do trabalho de Araújo (2006) é de que há relação entre investimentos em infraestrutura de transportes e desenvolvimento econômico regional. Assim, podemos afirmar que o investimento gera desenvolvimento e este gera tráfego e transporte de cargas e pessoas.

Para se ter ideia da importância dos transportes e da relação com a economia, a CNT (2016) aponta que a infraestrutura tem consequência direta sobre o custo do transporte, a má qualidade e a ausência de estrutura adequada aumentam os custos, que inevitavelmente são repassados ao consumidor. Somente no ano de 2015, os custos de transportes representavam 6,8% do PIB nacional.

Assim, o presente estudo é uma sequência do referencial aqui exposto e principalmente desta conclusão de Araújo, onde demonstrar-se-á que há correlação entre tráfego nas rodovias e indicadores econômicos, inclusive de causalidade. A principal hipótese do trabalho é que o investimento gera desenvolvimento econômico e o desempenho da economia (representado pelas variáveis a serem analisadas) gera tráfego nas rodovias.

2.2 PREDOMINÂNCIA DO MODAL RODOVIÁRIO NO BRASIL

2.2.1 Histórico e expansão rodoviária no Brasil

Rocha (2015) destaca que, no Brasil, o modelo de transportes utilizado é resposta do processo de colonização do país, onde a Europa e os Estados Unidos da América determinavam o seu desenvolvimento. Isso se deve ao fato de a economia brasileira da época ser predominantemente agrícola e voltada à exportação. Por isso, o transporte estava direcionado ao modal marítimo, que exportava os produtos primários da colônia, onde pode destacar o café. Em seguida, para impulsionar o modelo econômico exportador, foram construídas as primeiras ferrovias e, assim, o sistema ferroviário ficou desarticulado e voltado para os portos.

No entanto, Barat (1969) demonstra que a grande depressão de 1929 e, posteriormente, a Segunda Guerra Mundial marcaram o surgimento de um setor industrial de grande dinamismo dentro do sistema econômico brasileiro, através de um processo de substituição de importações. Além disso, há grande contribuição para mudança do sistema econômico os governos de Getúlio Vargas e posteriormente de Juscelino Kubitschek.

Aliada à mudança no sistema, advém a mudança nos investimentos em infraestrutura de transportes, onde podemos destacar a frase do ex-presidente do Brasil, Washington Luis (1926-1930) de que “Governar é abrir estradas”. Barat afirma também que os ativos marítimo-ferroviários estavam obsoletos na década de 1930 e que a operação deficiente desses modos de transportes “acelerou a tendência de modificação na estrutura da demanda pelos serviços de transporte em favor do rodoviário”.

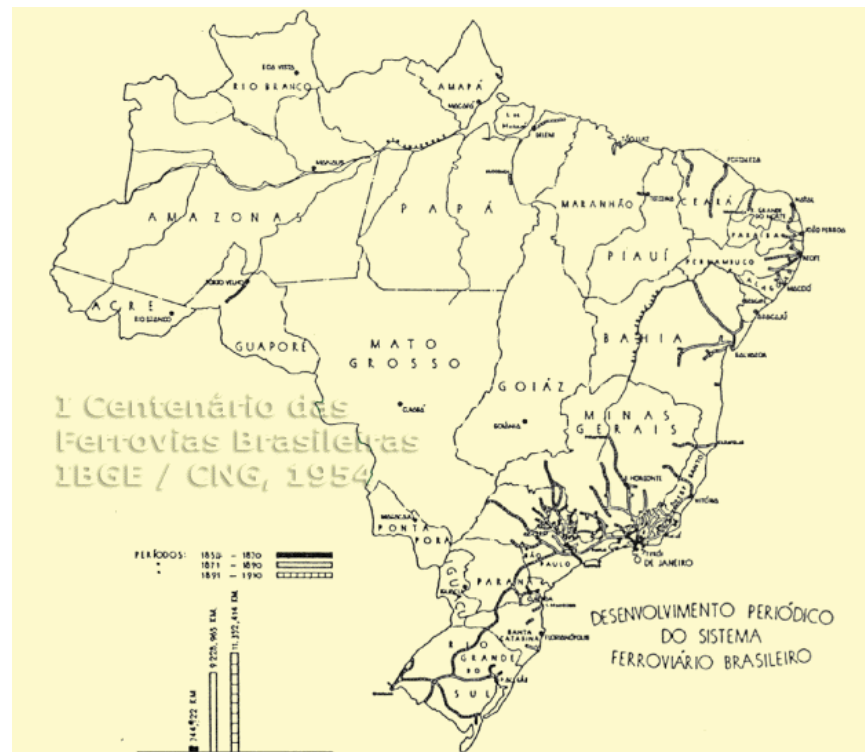
Posteriormente, houve o avanço da indústria automobilística e a ligação de polos produtores regionalizados por meio dos troncos rodoviários, uma vez que as rodovias facilitam o fracionamento de cargas e a interação entre interior e litoral e polos produtores e consumidores. Entre as causas da expansão rodoviária, Barat destaca:

Assim, do ponto de vista macroeconômico, os investimentos rodoviários foram função: a) do crescimento do Produto Real; b) do crescimento da Renda Real de um segmento da população urbana; c) da implantação da indústria automobilística, fatores que determinaram em última análise o incremento substancial da frota de veículos; d) do crescimento da demanda por matérias-primas e alimentos pelo núcleo industrial do Centro-Sul, pressionando continuamente a expansão da fronteira agrícola; e) da necessidade de expansão e consolidação de um mercado nacional para as manufaturas deste núcleo; e f) da política de subsídios concedidos ao transporte rodoviário. (BARAT, 1969, páginas 37 e 38)

2.2.2 Divisão do transporte de cargas por modo de transporte

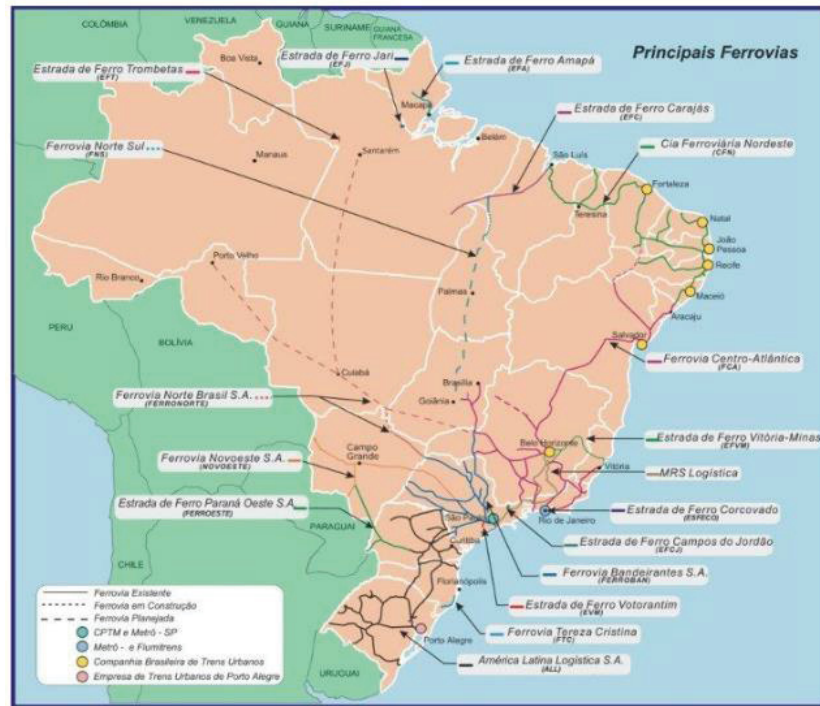
Inicialmente é importante destacar as malhas ferroviária e rodoviária do Brasil nos anos de 1910 e 2010, ou seja, com 100 anos de diferença e após os investimentos em infraestrutura terem sido direcionados às rodovias, como já discorrido. As Figura 1 e 2 demonstram as ferrovias nos anos de 1910 e 2009, respectivamente, já as Figuras 3 e 4 demonstram as rodovias brasileiras no período entre 1957 e 1964 e no ano de 2019, respectivamente.

FIGURA 1: ESTRADAS DE FERRO BRASILEIRAS NO ANO DE 1910



FONTE: Centro-Oeste Brasil (2022)

FIGURA 2: ESTRADAS DE FERRO BRASILEIRAS NO ANO DE 2009



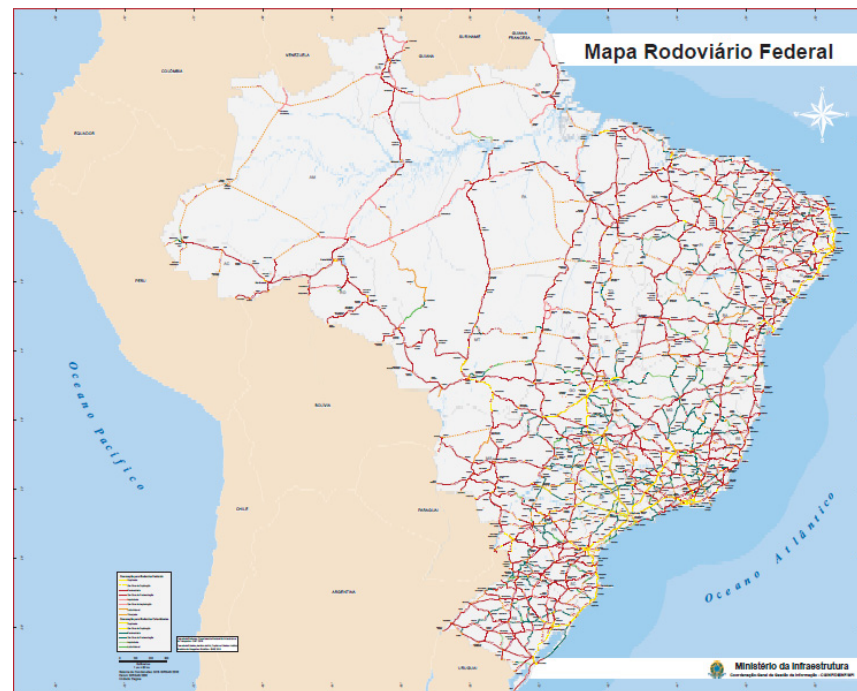
FONTE: ResearchGate (2022)

FIGURA 3: RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS NO PERÍODO DE 1957 A 1964



FONTE: FGV (2022)

FIGURA 4: RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS NO ANO DE 2019



FONTE: Brasil (2019)

Percebe-se, portanto, que no período de 100 anos, pouco mudou na malha ferroviária do país, enquanto houve uma forte expansão da malha rodoviária. Em consequência disso, a distribuição do transporte de cargas migrou para as rodovias por meio dos caminhões em detrimento dos trens e outros meios de transporte, como o marítimo e o dutoviário.

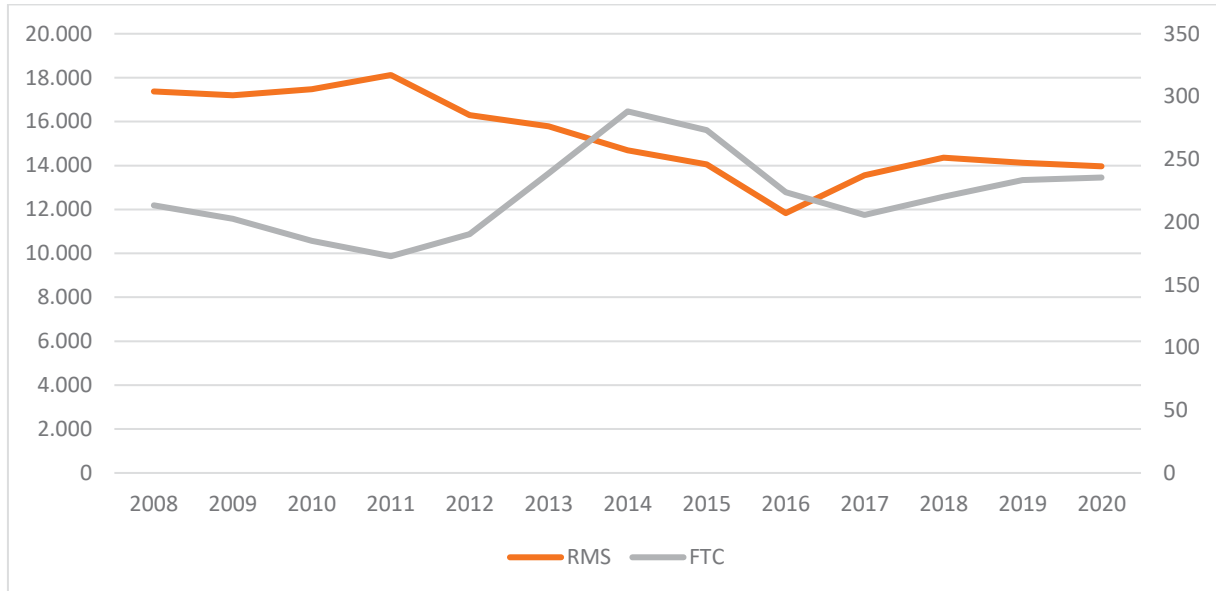
Como já mencionado anteriormente, no ano de 2011, o modal rodoviário era responsável por transportar mais da metade dos produtos no Brasil (52%), sendo acompanhado pelo modal ferroviário, com 30% (BRASIL, 2012), enquanto em 2017, o transporte rodoviário era responsável pelo transporte de 66,21% do total de Toneladas por Quilômetro-Útil (TKU, em inglês) de cargas transportadas no Brasil, e a proporção de transporte ferroviário era de 17,69% (BRASIL, 2021).

Como o objeto desse trabalho serão as rodovias concedidas no Estado de Santa Catarina (BR-101 e BR-116), as quais a concessão se deu em 2008, vale destacar a disponibilidade de ferrovias no estado em no início dos anos 2000 e em 2020.

A Figura 5 apresenta a malha ferroviária existente em Santa Catarina e dois projetos de ferrovias propostos pelo Governo do Estado em 2003. Tais projetos não

possível evidenciar que houve redução no transporte pela RMS e estabilização e leve aumento na FTC.

GRÁFICO 1: EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE DE CARGAS NA RMS E FTC



FONTE: O autor a partir de dados da ANTT (2022)

Já para verificar o comportamento do modal aquaviário, não é correto utilizar a movimentação de cargas em portos, pois os produtos chegam aos portos de Santa Catarina principalmente pelas rodovias. Avaliando apenas a cabotagem, a Tabela 1 apresenta o total de toneladas transportadas com origem e destino em Santa Catarina nos anos de 2011 e 2021. Tais dados são disponibilizados pela ANTAQ.

TABELA 1: TRANSPORTE POR CABOTAGEM EM SANTA CATARINA

Condição	2011	2021
Origem em SC	1.426.153	2.938.855
Destino SC	9.274.030	20.358.352

FONTE: O autor a partir de dados da ANTAQ (2022)

Portanto, houve aumento na utilização do modal aquaviário para a movimentação de cargas de longa distância, mas comparado aos valores de ferrovias, essa movimentação ainda é baixa. Infelizmente não há um controle de quantidade de TKU movimentadas nas rodovias. Além disso, como já mencionado, os produtos chegam e saem dos portos de Santa Catarina principalmente por rodovias e, então, o

aumento na cabotagem não deve refletir grandes variações no tráfego das rodovias em análise.

Assim, pode-se afirmar que o panorama de transporte de cargas em Santa Catarina não sofreu grandes alterações entre 2008 e 2022, afastando a hipótese de fatores externos impactarem nos dados a serem avaliados no estudo. No subcapítulo a seguir será apresentada a evolução do tráfego nas praças de pedágio da BR-101 e BR-116, o que corroborará com o já afirmado, demonstrando que o tráfego teve inclusive aumento no período analisado e que as viagens são predominantemente regionais/curta distância, não sofrendo grande concorrência com ferrovias e cabotagem.

2.3 CONCESSÕES RODOVIÁRIAS E CARACTERIZAÇÃO DO TRÁFEGO

Neste capítulo é abordado um breve resumo das rodovias brasileiras sob administração da iniciativa privada, bem como todas as concessões de rodovias federais, sob regulação da ANTT, aprofundando as concessões da BR-101 e BR-116 em Santa Catarina. Tais abordagens contextualizam a problemática apresentada anteriormente, além de reconhecerem a importância do estudo.

2.3.1 Concessões rodoviárias no Brasil

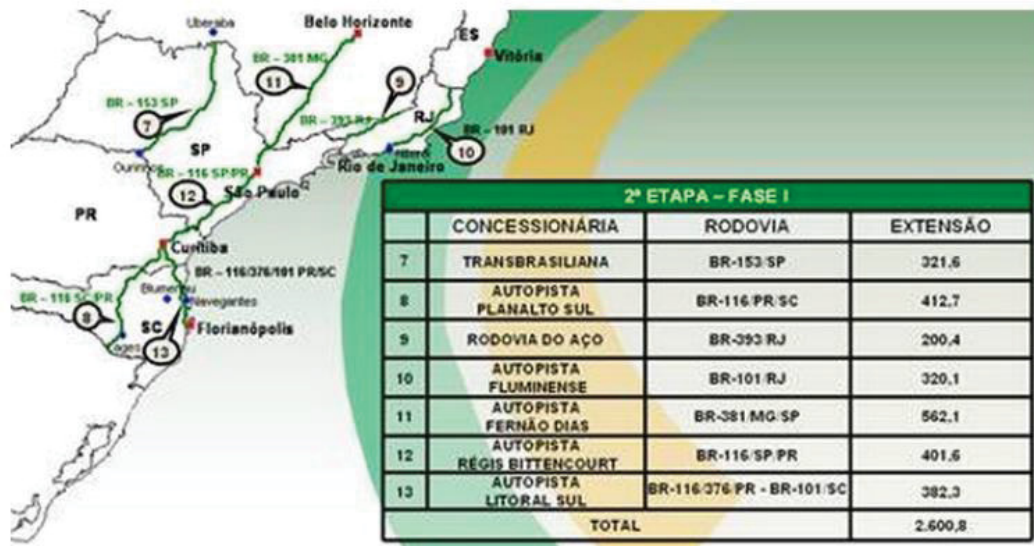
A concessão de rodovias com pagamento de pedágio garante o investimento e a manutenção constante necessária em trechos rodoviários estratégicos para o desenvolvimento da infraestrutura do país. São rodovias com fluxo intenso de veículos e, conseqüentemente, com desgaste rápido do pavimento que nem sempre consegue ser recuperado com recursos públicos. Além da manutenção, as concessionárias também prestam serviços de atendimento aos usuários, em especial, o atendimento médico de emergência em acidentes e o serviço de guincho para veículos avariados na rodovia (ANTT, 2014c).

Ao todo, no ano de 2021, 70 concessionárias brasileiras estavam associadas à Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR), correspondendo a 17% da malha de rodovias federais pavimentada no Brasil (ABCR, 2021). A CNT, por meio de seus relatórios, aponta que os trechos concedidos à iniciativa privada são os

que apresentam as melhores condições de segurança, conforto e qualidade (CNT, 2021).

Considerando somente a malha rodoviária federal concedida, a ANTT demonstra que havia 23 trechos concedidos em 2021. A ANTT divide as concessões rodoviárias em etapas. A primeira etapa ocorreu entre 1994 e 1997 e concedeu seis lotes. Já a segunda etapa, dividida em duas fases e ocorrida em 2008 e 2009, concedeu oito lotes, sendo dois deles os da Arteris Litoral Sul e Planalto Sul, como apresentado na Figura 6.

FIGURA 6: CONCESSÕES RODOVIÁRIAS DA SEGUNDA ETAPA



FONTE: Barbo *et al.* (2010)

A ABCR representa o setor de concessões de rodovias. Para se ter uma ideia da importância do setor, somente entre 1995 e 2020, foram investidos R\$ 228 bilhões nas rodovias concedidas (ABCR, 2021).

2.3.2 Volume de tráfego nas rodovias de Santa Catarina

Neste estudo serão analisadas apenas as rodovias concedidas existentes no Estado de Santa Catarina, no caso a BR-101 (concessão da Litoral Sul) e a BR-116 (concessão da Planalto Sul). Neste estado, a Litoral Sul opera quatro praças de pedágio: Garuva, Araquari, Porto Belo e Palhoça, e Planalto Sul opera três: Monte Castelo, Santa Cecília e Correia Pinto.

Nos Quadros 1 e 2 são apresentados o volume de tráfego médio mensal de 2009 a 2021 por praça de pedágio localizada em SC dividido em veículos leves (automóveis e motocicletas) e pesados (caminhões, carretas e ônibus).

QUADRO 1: VOLUME DE TRÁFEGO MÉDIO MENSAL NA ARTERIS LITORAL SUL

Ano	Leves				Pesados			
	Garuva	Araquari	Porto Belo	Palhoça	Garuva	Araquari	Porto Belo	Palhoça
2009	414.003	600.372	718.044	528.416	260.124	275.307	260.427	203.419
2010	508.431	679.751	838.974	641.764	313.674	297.083	284.318	228.469
2011	493.079	707.043	852.281	682.043	321.223	313.934	297.511	242.733
2012	559.809	773.123	926.524	792.073	332.416	318.588	306.761	251.681
2013	566.800	803.921	973.107	821.643	352.929	334.855	319.499	240.277
2014	599.803	857.507	1.047.038	449.260	355.001	342.651	326.236	218.175
2015	604.837	858.328	1.046.616	534.294	321.447	311.432	302.269	221.778
2016	589.763	856.332	1.067.075	568.719	307.393	303.226	298.440	220.631
2017	631.252	898.973	1.119.701	592.572	328.125	317.564	310.870	224.547
2018	637.630	914.420	1.157.382	597.764	332.499	327.550	316.926	226.519
2019	663.387	977.020	1.204.067	626.847	353.184	355.836	334.265	239.088
2020	609.625	889.159	1.060.408	578.607	357.193	362.069	336.382	240.589
2021	647.746	948.059	1.127.563	608.226	396.332	400.590	371.430	266.461

FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

QUADRO 2: VOLUME DE TRÁFEGO MÉDIO MENSAL NA ARTERIS PLANALTO SUL

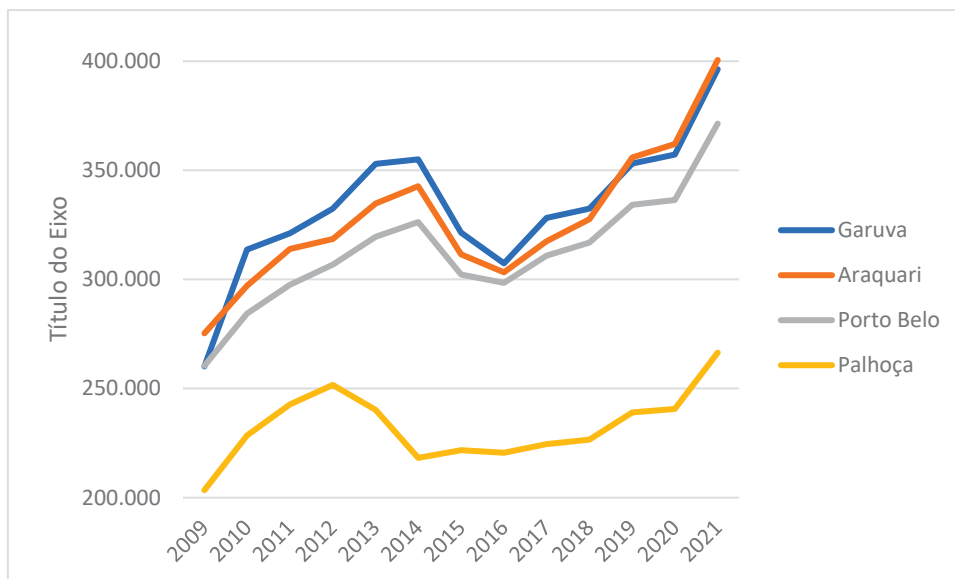
Ano	Leves			Pesados		
	Monte Castelo	Santa Cecília	Correia Pinto	Monte Castelo	Santa Cecília	Correia Pinto
2009	51.150	47.096	88.025	71.291	62.357	61.815
2010	54.980	52.013	94.820	74.707	66.094	66.930
2011	57.652	55.257	100.719	76.711	66.997	68.789
2012	62.006	58.235	108.683	74.351	63.300	66.181
2013	64.711	60.409	111.560	79.190	67.114	66.551
2014	68.355	64.277	117.015	82.001	72.736	67.152
2015	67.906	62.331	117.705	71.289	60.623	63.485
2016	68.606	61.353	117.934	70.527	58.589	60.285
2017	66.097	60.632	121.367	66.691	59.844	59.383
2018	69.389	59.949	116.068	71.585	60.961	58.833
2019	74.026	62.791	116.102	75.293	67.003	59.102
2020	67.816	56.412	96.844	77.576	66.590	57.175
2021	75.846	61.050	106.826	89.390	76.701	65.180

FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

Percebe-se que a praça de pedágio com maior volume de tráfego na BR-101 é a de Porto Belo, porém, se considerarmos apenas os veículos pesados, o maior volume fica em Araquari. Já para a BR-116, o maior volume é em Correia Pinto, mas considerando apenas os pesados fica em Monte Castelo.

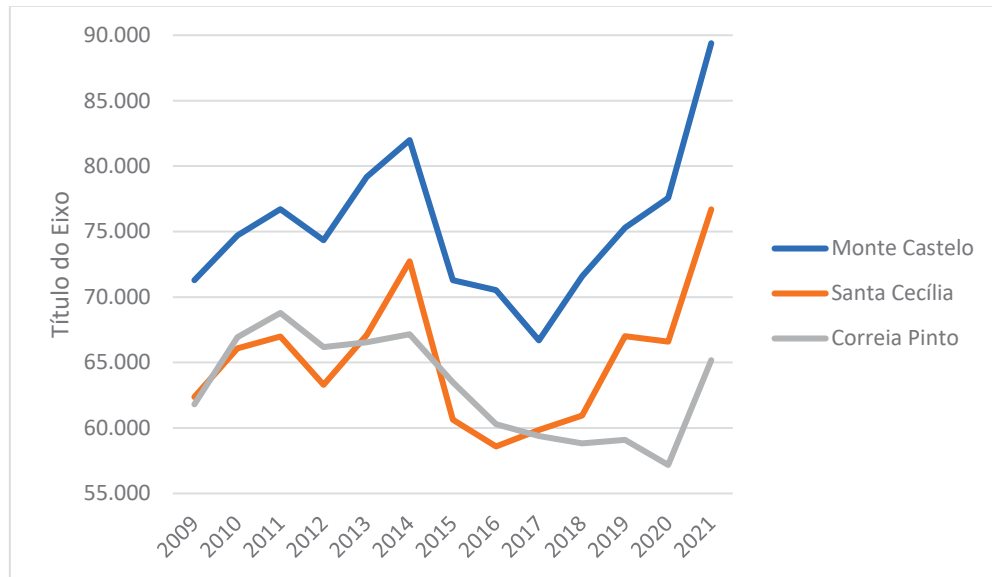
O Gráfico 2 apresenta o volume de veículos pesados por praça de pedágio da Litoral Sul e o Gráfico 3 da Planalto Sul. É fácil identificar como o volume de tráfego tem ligação com a economia, uma vez que cresce no período de 2009 a 2013-2014 e cai a partir de 2015, voltando a crescer gradualmente até atingir o pico em 2021, passando por uma estabilização em 2020. Esses períodos foram o de crescimento econômico do Brasil, crise, pico de 2021 e pandemia do COVID-19 em 2020, respectivamente.

GRÁFICO 2: VOLUME DE VEÍCULOS PESADOS NA ARTERIS LITORAL SUL



FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

GRÁFICO 3: VOLUME DE VEÍCULOS PESADOS NA ARTERIS PLANALTO SUL



FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

Percebe-se também que, apesar da crise econômica de 2014 a 2018, o tráfego cresceu e o volume de 2021 é o maior da série histórica em todas as praças de pedágio, com exceção de Correia Pinto. Isso demonstra dois pontos que corroboram o já apresentado: a) o volume de tráfego aparenta ter correlação com a economia e b) houve crescimento acentuado no volume, demonstrando não haver perdas consideráveis para outros modais de transporte.

Como apresentado, o principal objetivo deste estudo é estudar a correlação entre indicadores econômicos e o tráfego de veículos pesados nessas praças de pedágio, mas poder estimar o volume de tráfego futuro é importantíssimo. Isso se deve principalmente pelo fato de que a receita advinda com a arrecadação da tarifa de pedágio nada mais é o valor da tarifa básica multiplicado pelo número de eixos equivalentes. O Quadro 3 apresenta o peso de cada composição do eixo equivalente. Portanto, estimar o volume de tráfego possibilita estimar a receita das empresas.

QUADRO 3: EIXOS EQUIVALENTES POR TIPO DE VEÍCULO

Tipo de veículo	Número de eixos	Eixos equivalentes
Automóvel	2	1
Motocicleta	2	0,5
Caminhão dois eixos	2	2
Caminhão três eixos	3	3
Caminhão quatro eixos	4	4

Carreta cinco eixos	5	5
Carreta seis eixos	6	6
Carreta sete eixos ou mais	Conforme quantidade	Conforme quantidade

FONTE: O autor (2022)

Portanto, o volume de veículos pesados contribui mais para a receita do que o volume de leves. Na análise de projetos e da condição financeira das empresas, é essencial mensurar com assertividade as receitas e as despesas. No caso das concessões rodoviárias, a receita advém principalmente da cobrança da tarifa de pedágio. Assim, mensurar o volume de tráfego é primordial para a contabilidade das concessionárias.

2.3.3 Origem e destino das viagens

Neste tópico, será apresentado o resultado de uma pesquisa de origem/destino realizada no período de 21/11/2018 a 09/12/2018 no trecho da BR-101 e de 19/11/2018 a 04/12/2018 no trecho da BR-116. Ao todo, foram entrevistados 9.819 usuários na Litoral Sul e 11.444 na Planalto Sul. Destes, foram 5.286 veículos pesados nas praças de SC na LS e 4.552 na PS, o que corresponde a aproximadamente 0,9% e 4,8% do tráfego total de pesados, respectivamente.

Na pesquisa foi possível identificar as cidades de origem e de destino da viagem, o sentido (sul ou norte), a quantidade de eixos, o produto transportado, o motivo da viagem e a frequência da viagem (diária, semanal, mensal, esporádica).

O Quadro 4 apresenta os cinco principais pares origem/destino de cada praça da Litoral Sul e o Quadro 5 apresenta para as praças da Planalto Sul.

QUADRO 4: CINCO PRINCIPAIS PARES OD DA LITORAL SUL

Praça	Par OD	Qtde	% do total
Garuva	CURITIBA/JOINVILLE	60	4,4%
	JOINVILLE/CURITIBA	48	3,5%
	GARUVA/CURITIBA	19	1,4%
	SÃO PAULO/PORTO ALEGRE	17	1,3%
	ITAJAI/CURITIBA	15	1,1%
Araquari	JOINVILLE/ITAJAÍ	36	2,8%
	ITAJAI/JOINVILLE	28	2,2%
	CURITIBA/ITAJAÍ	27	2,1%

	ITAJAI/CURITIBA	20	1,6%
	CURITIBA/PORTO ALEGRE	14	1,1%
Porto Belo	FLORIANOPOLIS/ITAJAÍ	28	2,1%
	CURITIBA/PORTO ALEGRE	18	1,3%
	BLUMENAU/FLORIANÓPOLIS	17	1,3%
	CRICIUMA/ITAJAÍ	14	1,0%
	PORTO ALEGRE/CURITIBA	14	1,0%
Palhoça	SÃO PAULO/PORTO ALEGRE	45	3,4%
	CURITIBA/PORTO ALEGRE	29	2,2%
	PORTO ALEGRE/SÃO PAULO	27	2,1%
	PORTO ALEGRE/CURITIBA	20	1,5%
	CRICIUMA/FLORIANÓPOLIS	15	1,1%

FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

QUADRO 5: CINCO PRINCIPAIS PARES OD DA PLANALTO SUL

Praça	Par OD	Qtde	% do total
Monte Castelo	CAXIAS DO SUL/SÃO PAULO	42	2,6%
	CURITIBA/CAXIAS DO SUL	27	1,7%
	SÃO PAULO/CAXIAS DO SUL	26	1,6%
	MONTE CASTELO/MONTE CASTELO	19	1,2%
	VIDEIRA/SÃO PAULO	17	1,0%
Santa Cecília	CAXIAS DO SUL/SÃO PAULO	69	4,4%
	CAXIAS DO SUL/CURITIBA	42	2,7%
	VACARIA/SÃO PAULO	34	2,2%
	SANTA CECÍLIA/CURITIBANOS	24	1,5%
	CURITIBA/CAXIAS DO SUL	23	1,5%
Correia Pinto	LAGES/CORREIA PINTO	142	10,4%
	CORREIA PINTO/LAGES	75	5,5%
	CURITIBANOS/LAGES	31	2,3%
	LAGES/CURITIBANOS	26	1,9%
	PONTE ALTA/LAGES	24	1,8%

FONTE: O autor a partir de dados da Arteris (2022)

Percebe-se que, apesar de alguns pares OD serem de longa distância, como São Paulo/Porto Alegre ou Caxias do Sul/São Paulo, as viagens são regionais e originadas ou com término em Santa Catarina ou em municípios próximos das praças de pedágio, para ser mais preciso. Isso confirma os dados de maior tráfego em determinadas praças e demonstra que a análise focalizada em dados econômicos regionais é efetiva.

Podemos destacar municípios catarinenses como Joinville, Itajaí, Florianópolis, Blumenau, Criciúma, Lages, Correia Pinto, Monte Castelo, Santa Cecília e Curitibanos. Também não podemos deixar de registrar grande polos/capitais como

Curitiba, São Paulo e Porto Alegre, além de Caxias do Sul/RS. Assim, uma análise de dados regionais com acréscimo de dados das principais capitais como variáveis explicativas tende a ser exitosa para estimar o volume de tráfego de veículos pesados nas praças de pedágio de Santa Catarina.

2.4 ESCOLHA DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

Neste tópico será abordada a relação entre tráfego em meios de transporte e determinados indicadores econômicos, a fim de subsidiar a decisão na escolha das variáveis a serem utilizadas no estudo.

Inicialmente cabe destacar que, conforme indicado por Preston (2001), o ponto de partida de muitos estudos relacionados a transporte é declarar que o transporte é uma demanda derivada das necessidades das pessoas e de negócios, como: ir trabalhar, ir à escola, ir às compras e deslocamento de bens e produtos. Porém, apesar disso, alguns estudiosos insistem em tratar o transporte como uma função econométrica relacionada estritamente ao preço de bens concorrentes, renda e gosto dos usuários.

O autor afirma ainda que o transporte não é apenas um bem homogêneo, mas um pacote de serviços diferenciados por modo, tempo e lugar e, assim, a demanda por transporte não é apenas uma função do preço do transporte, mas também do tempo no veículo, frequência do serviço (e, portanto, tempo de espera), tempo de acesso/saída e uma variedade de variáveis mais suaves, como conforto.

Diante disso, os economistas tentam calcular a demanda por transporte observando apenas preço, sem levar em conta tempo ou outras variáveis. Na realidade, Preston confirma que a demanda de transporte (especialmente se medida pela distância percorrida) será determinada pelo local onde a atividade econômica ocorre e (em termos de frequência) quando ela ocorre, estando relacionada, por exemplo, a renda da população e preferências das pessoas.

A relação entre transporte e renda é óbvia, tendo elasticidade positiva e podendo chegar a 2. Já especificamente para fretes, superficialmente as evidências apontam para uma elasticidade-renda em torno da unidade (Fowkes *et al.*, 1993 *apud* Preston, 2001). No entanto, isso mascara a mudanças da cadeia de suprimentos dos últimos anos. Os autores indicam que a capacidade de transporte dos caminhões e trens tem afetado essa elasticidade.

Como já citado, Araújo (2006) confirmou o que foi abordado por Preston (2001), indicando que há relação entre investimentos em infraestrutura de transportes e desenvolvimento econômico regional. Assim, podemos afirmar que o investimento gera desenvolvimento e este gera tráfego e transporte de cargas e pessoas.

A questão não totalmente resolvida, como afirma Preston, é se o PIB (Produto Interno Bruto) é uma boa medida para a renda ou se deve-se utilizar outros indicadores como variáveis explicativas da demanda por transporte, especialmente de frete. O que não se discute é causalidade, ou seja, a demanda por transporte é influenciada por alterações em outras variáveis.

No artigo de Fowkes *et al.* (1993), afirma-se que o método até então utilizado pelo Departamento de Transportes da Universidade de Leeds para prever o tráfego de caminhões era uma simples relação de 'nível agregado' entre toneladas-quilômetros e PIB. No entanto, o Departamento percebeu que, apesar de a relação entre essas variáveis ter sido estável e próxima nos 15 anos anteriores, foi necessário desenvolver e monitorar modelos de previsão em um nível desagregado, por exemplo, por setores de commodities.

Como já indicado, os autores confirmam que mudanças relevantes na capacidade dos veículos têm influenciado a demanda por transporte rodoviário e isso exige que as análises sejam desagregadas em relação ao simples uso do PIB. Há também influência da escolha do modo de transporte, porém, como já abordado, no estado de Santa Catarina há pouca concorrência para as rodovias.

Fowkes *et al.* (1993) analisaram a desagregação do PIB em setores de produção. Os autores afirmam que “uma abordagem mais desagregada que estude as mudanças em todos esses fatores por setor industrial parece fornecer uma melhor compreensão da relação entre toneladas-quilômetro e PIB”. No entanto, os autores indicam que também existem problemas com a desagregação, pois somos menos capazes de projetar tendências futuras.

Desde janeiro de 1999 a ABCR calcula e divulga o índice ABCR, sendo que em 2012 ele foi incorporado ao cálculo do PIB brasileiro feito pelo IBGE. Como informado pela associação em seu site, o índice é calculado com base no fluxo total de veículos que passa pelas praças pedagiadas de 51 concessionárias. Ela afirma ainda que “o passar dos anos mostrou a grande relevância do índice ABCR na análise conjuntural da economia brasileira, dado que é um indicador de alta frequência e que

se correlaciona com indicadores econômicos relevantes, como o PIB, a produção na indústria, as vendas no comércio varejista, os salários, entre outros”.

Em seu site, a ABCR confirma o referencial supracitado, indicando que “quanto maior o nível de atividade, maiores serão os deslocamentos e vice-versa” e que medir os deslocamentos nas rodovias é captar, indiretamente, os níveis de atividade econômica, o consumo da população, a produção e o investimento. A associação afirma que o tráfego de veículos leves tem relação com o consumo da população, a renda disponível e o emprego, enquanto o tráfego de veículos pesados tem relação com o volume de produção e indústria agrícola (ABCR, 2022).

Em 2021 a Arteris contratou a empresa Tendências Consultoria Integrada para realizar uma projeção do orçamento do ano considerando as projeções da economia brasileira e dos estados em que atua. A consultora avaliou a elasticidade de tráfego de veículos leves e pesados em relação a uma gama de variáveis. Como o objeto desse estudo será apenas o tráfego de veículos pesados, a Figura 7 apresenta tais elasticidades, sendo que os números apresentados mostram a variação percentual esperada no fluxo de veículos leves em decorrência de uma variação de 1% na variável explicativa.

FIGURA 7: ELASTICIDADES PARA VEÍCULOS PESADOS

Elasticidades* estimadas - Fluxo de veículos pesados (eixos equivalentes)

Variáveis explicativas	Femão Dias	Fluminense	Intervias	Litoral Sul	Planalto Sul	Regis Bittencourt	ViaPaulista
Produção Industrial	0.15	-	0.06	-	0.36	0.35	-
Vendas no Varejo	0.88	0.42	0.51	0.56	0.46	0.61	0.52
Serviços	-	0.33	-	0.41	-	-	0.53
Produção Agro	0.11	-	-	0.12	-	0.28	-
Exportação Agro - Santos	-	-	0.04	-	-	-	0.03
Criminalidade RJ	-	-0.13	-	-	-	-	-
Diesel	-0.17	-0.32	-0.20	-0.11	-	-	-0.21
Pedágio	-	-	-	-	-	-	-
Precipitação	-	-	-0.01	-	-0.01	-	-
Dias úteis	-	-	0.005	-	-	-	-
Feriado	-0.01	-0.01	-	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
Suspensão cobrança P5	-	-	-	-0.14	-	-	-
Fim cobrança de eixos suspensos	-0.04	-0.09	-	-0.02	-0.07	-0.02	-
Cobrança de eixos suspensos	-	-	0.09	-	-	-	0.08
Greve dos caminhoneiros maio	-0.27	-0.34	-0.26	-0.24	-0.32	-0.31	-0.20
Greve dos caminhoneiros junho	0.11	-	0.06	0.09	0.07	0.10	0.05
Suspensão cobrança P1 e P2 - Jan/14	-	-0.25	-	-	-	-	-
Suspensão cobrança P1 e P2 - Fev/14	-	-0.06	-	-	-	-	-
Covid - impacto março	-	-0.09	-	-	-	-	-
Covid - impacto abril	-0.15	-0.21	-	-0.07	-0.13	-0.19	-
Covid - impacto maio	-	-0.06	-	-	-	-	-
Cobrança_P11	-	-	-	-	-	-	0.14
R ² da regressão	0.91	0.94	0.83	0.87	0.85	0.85	0.90

FONTE: Arteris (2021)

Portanto, como apresentado, o tráfego de veículos pesados nas concessionárias Litoral Sul e Planalto Sul tem correlação principalmente com produção industrial, vendas no varejo e serviços. Cabe salientar que esse estudo considerou a concessão como um todo, incluindo o estado do Paraná e utilizou variáveis macro de produção.

Diante disso, o presente estudo avaliará o tráfego de veículos pesados nas BR-101 e BR-116 em relação a variáveis desagregadas do PIB, sendo uma análise específica para o estado de Santa Catarina. Serão analisados os dados de valor adicionado dividido por CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) e município. Esses dados foram fornecidos pela FIESC.

Segundo a Tributarie (2022), o valor adicionado “é um indicador econômico-contábil utilizado para calcular o índice de participação municipal no repasse de receita do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) e do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)”.

Para captar o tráfego de longa distância que passa nas praças de pedágio, serão utilizados dados de produção industrial e vendas no varejo dos Estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul. Caso os resultados não sejam satisfatórios, a análise se dará apenas sobre o valor adicionado ou produção industrial em Santa Catarina, ou ainda com a adição de outros indicadores já citados.

Cabe salientar que os dados fornecidos de valor adicionado no Estado de Santa Catarina são apenas para os anos de 2018, 2019 e 2020. Assim, a análise se dará especificamente para esse período de 36 meses e também para todo o período de 2009 a 2022 com outros indicadores.

3 REGRESSÕES, SÉRIES TEMPORAIS E MODELAGEM DOS DADOS

Esta seção apresenta a metodologia a ser utilizada para analisar os dados e produzir os resultados esperados. Desta forma, será feita uma breve revisão de modelos de regressão, séries temporais, modelagem VAR, teste de causalidade de Granger e cointegração, que serão os métodos econométricos para modelagem dos dados. Os dados utilizados serão a série histórica mensal de tráfego de veículos pesados das praças de pedágio e os dados mensais de indicadores econômicos já citados.

Gujarati e Porter (2011) apresentam em seu livro três tipos de modelos econométricos: as séries temporais, os cortes transversais e os painéis. Nas séries temporais, os valores das variáveis são observados em um período de tempo. Nos dados de corte transversal, coletam-se dados relativos a uma ou mais variáveis para várias unidades ou entidades amostrais, mas considerando um único período. Já para os dados em painel, a mesma unidade de corte transversal é acompanhada ao longo do tempo. De forma resumida, os dados em painel têm uma dimensão espacial e outra temporal.

Segundo Reis (2023), série temporal é um conjunto de observações sobre uma variável, ordenado no tempo e registrado em períodos regulares. A suposição básica que norteia a análise de séries temporais é que há um sistema causal mais ou menos constante, relacionado com o tempo, que exerceu influência sobre os dados no passado e pode continuar a fazê-lo no futuro. Segundo o autor, o objetivo da análise de séries temporais é identificar padrões não aleatórios na série temporal e, ao avaliar o passado, pode realizar previsões para a variável dependente.

3.1 REGRESSÕES LINEARES SIMPLES E MÚLTIPLAS

Neste trabalho serão realizadas diversas regressões lineares, tanto simples com uma única variável independente, quanto múltiplas envolvendo a variável dependente (tráfego de veículos pesados) e duas ou mais independentes. Neste tópico não se entrará em detalhes dos métodos de cálculo, porém a utilização do software Stata permite a avaliação de determinadas informações para avaliação dos modelos e resultados que serão apresentados no próximo capítulo.

A primeira informação a se verificar na regressão é o R^2 ou coeficiente e determinação múltiplo, que, no caso de duas variáveis, mede a qualidade do ajustamento da equação de regressão, isto é, fornece a proporção ou percentual da variação total da variável dependente Y que é explicada pela variável explanatória (única) X . No caso de modelos com três variáveis, ele mede a proporção da variação de Y que é explicada, conjuntamente, pelas variáveis X_2 e X_3 . Para mais de três variáveis, o conceito é o mesmo (Gujarati e Porter, 2011).

Assim, quanto maior o R^2 mais as variáveis explicativas causam as variações na variável explicada e, portanto, demonstra maior aderência do modelo. Ainda, o mais correto é verificar o R^2 ajustado, tendo em vista a consideração dos graus de liberdade no cálculo, o que penaliza o resultado, mas traz a informação mais confiável.

Outra informação importante a se verificar é o teste da significância geral da regressão amostral, que será denotado pelo Teste F . A fim de se evitar que os regressores sejam estatisticamente iguais, ou seja, que não se possa rejeitar a hipótese nula de que são iguais, deve-se aplicar e avaliar o teste F . Caso o número seja superior a 10, pode-se afirmar que a regressão é válida (Gujarati e Porter, 2011).

Por fim, em toda regressão deve-se sempre avaliar o teste de hipótese para inferir se o coeficiente de regressão de cada variável é estatisticamente significativo, ou seja, se é possível rejeitar a hipótese nula de que ele seja nulo. Assim, por meio dos valores do teste t de Student é possível fazer o cálculo da probabilidade de rejeição e então indicar a significância.

3.2 MODELO VAR

O modelo VAR, que é a sigla para vetores autorregressivos, é utilizado na econometria para previsões com base nos dados passados das séries temporais. Ele é uma extensão do modelo do processo autorregressivo integrado de média móvel (ARIMA), mas envolvendo as diversas variáveis do modelo e não apenas a dependente. Com o VAR é possível analisar o nível de defasagens que impactam a variável explicada e a causalidade de Granger (Gujarati e Porter, 2011).

Gujarati e Porter (2011) explicam que “a metodologia VAR lembra superficialmente a modelagem das equações simultâneas no sentido de que devemos considerar muitas variáveis endógenas em conjunto. Contudo, cada variável

endógena é explicada por seus valores defasados, ou passados, e pelos valores defasados de todas as outras variáveis endógenas no modelo”.

Maia (2011) introduz que, através do Modelo VAR, tornou-se possível expressar modelos econômicos completos, bem como estimar seus parâmetros. Nesse modelo as variáveis são explicadas por suas defasagens e pelas defasagens das demais variáveis, o que permite analisar o efeito da variação ao longo do tempo de determinada variável sobre as demais. O autor afirma ainda a causalidade entre as variáveis é verificada pelo teste de Granger e que, se há alguma relação de longo prazo entre as variáveis, o método proposto por Johansen é utilizável.

Costa (2023) indica que os modelos VAR são sistemas de equações simultâneas que capturam a existência de relações de interdependência entre variáveis, e que permitem avaliar o impacto de choques estocásticos sobre determinada variável do sistema.

O autor explica que o VAR (1), ou VAR de ordem 1, ou seja, o modelo com uma única ordem de defasagem, é uma série multivariada $r_t = (r_{1t}, r_{2t}, \dots, r_{kt})$ composta por k componentes no tempo t se seguir o modelo da equação 1.

$$r_t = \phi_0 + \Phi r_{t-1} + a_t \quad (1)$$

onde ϕ_0 é um vetor de dimensão k , Φ é uma matriz $k \times k$ e a_t é um ruído branco formado por uma sequência de vetores aleatórios independentes e identicamente distribuídos com média zero e matriz de covariância Σ_a , sendo que esse ruído segue uma distribuição normal multivariada.

Para o caso bivariado, ou seja $k = 2$, $r_t = (r_{1t}, r_{2t})$ e $a_t = (a_{1t}, a_{2t})$, o VAR (1) em forma matricial pode ser escrito pela equação 2. Equivalentemente, em forma reduzida é escrito pela equação 3.

$$\begin{bmatrix} r_{1t} \\ r_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{10} \\ \phi_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{1,t-1} \\ r_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1t} \\ a_{2t} \end{bmatrix}, \Sigma_a = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} r_{1t} &= \phi_{10} + \phi_{11}r_{1,t-1} + \phi_{12}r_{2,t-1} + a_{1t} \\ r_{2t} &= \phi_{20} + \phi_{21}r_{1,t-1} + \phi_{22}r_{2,t-1} + a_{2t} \end{aligned} \quad (3)$$

Por consequência, o modelo VAR de ordem p ou VAR (p) é escrito pela equação 4.

$$r_t = \emptyset_0 + \Phi_1 r_{t-1} + \dots + \Phi_p r_{t-p} + a_t \quad (4)$$

O VAR pode ser estimado pelo método de mínimos quadrados ordinário (MQO) ou ainda por verossimilhança condicional (Costa, 2023), onde não se entrará em detalhes de como conduzir os cálculos, considerando que o Stata realiza de forma automática.

Costa (2023) apresenta sete passos para estimar o modelo VAR, o que é apresentado a seguir. Tais passos foram seguidos em todos os cenários que serão apresentados no próximo capítulo. Destaca-se que todos os passos foram realizados no Stata utilizando os devidos comandos.

1. Visualizar os dados e identificar observações fora do padrão (outliers, sazonalidade, tendência);
2. Se necessário, transformar os dados para estabilizar a variância (logaritmo ou retirar sazonalidade, por exemplo);
3. Testar se os dados são estacionários ou cointegrados:
 - Caso não tenha raiz unitária (estacionários), estimar VAR com as séries em nível;
 - Caso tenha raiz unitária, mas sem cointegração é preciso diferenciar os dados até se tornarem estacionários e estimar VAR com as séries diferenciadas;
 - Caso tenha raiz unitária, mas com cointegração devemos estimar o VEC com as séries em nível;
4. Definir a ordem p para os dados em análise por meio de critérios de informação (escolher modelo com menor AIC, por exemplo);
5. Estimar o modelo escolhido no passo 4
 - Verificar significância estatística do modelo estimado e, caso seja necessário, eliminar parâmetros não significantes;
 - Analisar a causalidade de Granger (variáveis que não granger causa as demais podem ser retiradas do modelo);
6. Examinar se os resíduos se comportam como ruído branco e condições de estacionariedade do modelo. Caso contrário, retornar ao passo 3 ou 4.
 - Verificar a autocorrelação dos resíduos de cada equação do modelo estimado;

- Analisar a estabilidade do modelo estimado através dos autovalores associados ao mesmo;
 - Verificar a distribuição de probabilidade (Normal) para os resíduos de cada equação do modelo;
 - Analisar heterocedasticidade condicional (resíduos devem ser homocedásticos, ou seja, variância condicional constante);
7. Uma vez que os resíduos são ruído branco e o modelo é estável:
- Analisar funções de resposta ao impulso
 - Analisar a importância das variáveis para explicar a variância do erro de previsão de cada variável
 - Fazer previsões para as variáveis do modelo

Conforme indicado no passo 4, é importante definir a ordem de defasagem do modelo, onde deve-se rodar o modelo e verificar a ordem que apresenta o menor valor para os critérios de informação avaliados. Considerando o Stata, neste trabalho avaliou-se os seguintes critérios em cada um dos cenários: Akaike (AIC), Hannan & Quinn (HQIC) e bayesiano (SBIC). (Emiliano, 2013).

Com o VAR, é possível verificar a função impulso resposta, onde, segundo Costa (2023), “esta função mostra os efeitos de choques nas variáveis do sistema e possibilita calcular o impacto (sinal e magnitude) dinâmico de mudança em uma variável sobre ela e as demais variáveis do modelo ao longo do tempo. Assim, procura-se medir o efeito de um choque unitário em uma variável no período t sobre todas as variáveis em períodos subsequentes”.

Por fim, é importante destacar alguns problemas apresentados por Gujarati e Porter (2011) referente à modelagem VAR, quais são:

- O modelo VAR é ateórico;
- Baixa adaptabilidade para análise política, pois foca em previsão;
- O maior desafio do modelo é escolher a ordem de defasagem;
- Todas as variáveis devem ser estacionárias. Na necessidade de transformação, os resultados podem não ser satisfatórios;
- Os coeficientes são difíceis de interpretar, o que exige a avaliação da função impulso resposta.

3.3 TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER

Uma importante ferramenta de análise em modelos multivariados é a causalidade de Granger. Segundo Maia (2011), o teste consiste na análise de interrelações entre variáveis e o objetivo basicamente é responder à pergunta: determinada variável X_t “causa” outra variável Y_t ?

Ainda segundo o autor, uma variável X_t “causa” outra variável Y_t se as defasagens de X_t ajudam a prever o comportamento de Y_t , isto é, se a inclusão das defasagens de X_t na equação de Y_t aumentam a capacidade de prever Y_t . Se isso é verdadeiro, pode-se afirmar que uma variável “causa” outra. A causalidade pode ser unidirecional de uma variável em relação a outra ou ainda bidirecional, onde ambas são impactadas por ambas.

Gujarati e Porter (2011) afirmam que, “uma vez que o futuro não pode prever o passado, se a variável X (Granger) causa a variável Y, variações em X deveriam preceder variações em Y. Portanto, em uma regressão de Y sobre outras variáveis (incluindo seus próprios valores passados), se incluirmos os valores passados ou defasados de X e ele aprimorar significativamente a previsão de Y, poderemos dizer que X (Granger) causa Y. Uma definição similar aplica-se se Y (Granger) causa X”.

O Stata possui o teste de causalidade de Granger em sua biblioteca e, utilizando os comandos corretos, é possível identificar seus resultados, o que foi realizado neste trabalho e é apresentado no próximo capítulo.

3.4 COINTEGRAÇÃO

Além de tudo o que já foi citado, ao se modelar séries temporais, existe a possibilidade de, ao estimar uma regressão com séries que apresentam uma mesma tendência, obter resultados que aparentemente sejam satisfatórios, mas que na realidade não tenham nenhum significado econômico.

Maia (2011) afirma que “fatos como esse geralmente ocorrem quando as séries utilizadas não são estacionárias. Uma primeira medida para resolver a questão poderia ser diferenciar as séries e verificar se elas se tornaram estacionárias. Ao adotar esse procedimento, todavia, perde-se uma valiosa relação de longo prazo entre as variáveis, uma vez que não será possível trabalhar com as séries em nível”.

Segundo Gujarati e Porter (2011), economicamente falando, as duas variáveis serão cointegradas se tiverem uma relação de longo prazo, ou de equilíbrio, entre elas. A teoria econômica é frequentemente expressa em termos de equilíbrio. Quando as séries analisadas apresentam uma relação de longo prazo entre si, suas tendências se anulam e torna-se possível estimar um modelo de vetores autorregressivos, com a inclusão do Método de Correção de Erros (MCE).

Para modelar a cointegração no Stata, realizando as regressões de curto e longo prazo, bem como a estimação dos resíduos, o MCE e todos os testes para confiabilidade da análise, o autor utilizou o passo a passo demonstrado por D'Amico (2021) e os resultados são expressos no capítulo 4.

3.5 BASE E MODELAGEM DOS DADOS

A base de dados utilizada é composta pelas seguintes variáveis:

- Somatória do tráfego de veículos pesados passantes por mês nas praças de pedágio da Arteris Litoral Sul localizadas em Santa Catarina – Garuva, Araquari, Porto Belo e Palhoça. Base fornecida pela Concessionária;
- Somatória do tráfego de veículos pesados passantes por mês nas praças de pedágio da Arteris Planalto Sul localizadas em Santa Catarina – Monte Castelo, Santa Cecília e Correia Pinto. Base fornecida pela Concessionária;
- Valor adicionado por mês (entre 2018 e 2020) nos municípios elegíveis para o trecho da Litoral Sul – será detalhado a seguir. Base fornecida pela FIESC;
- Valor adicionado por mês (entre 2018 e 2020) nos municípios elegíveis para o trecho da Planalto Sul – será detalhado a seguir. Base fornecida pela FIESC;
- Valor adicionado por mês (entre 2018 e 2020) em todos os municípios do Estado de Santa Catarina. Base fornecida pela FIESC;
- Índice de produção industrial dessazonalizado por mês nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Base coletada no repositório do Ipeadata;

- Índice de vendas no varejo dessazonalizado por mês nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Base coletada no repositório do Ipeadata.

Como citado acima, especificamente para os dados de valor adicionado, foi realizada a segregação por municípios a fim de identificar particularidades em cada uma das concessionárias. Além disso, também serão utilizados os dados agregados de todo o Estado para simular a correlação das duas concessionárias conjuntamente.

Considerando os dados das pesquisas de origem e destino, para o trecho da Litoral Sul foram somados os dados dos seguintes municípios: Araquari, Balneário Camboriú, Balneário Piçarras, Barra Velha, Biguaçu, Blumenau, Bombinhas, Brusque, Camboriú, Criciúma, Florianópolis, Garuva, Governador Celso Ramos, Imbituba, Itajaí, Itapema, Itapoá, Jaraguá do Sul, Joinville, Navegantes, Palhoça, Paulo Lopes, Penha, Porto Belo, São Francisco do Sul, São José, Tijucas e Tubarão.

Já para o trecho da Planalto Sul foram somados dos seguintes municípios: Caçador, Canoinhas, Capão Alto, Correia Pinto, Curitibanos, Itaiópolis, Joaçaba, Lages, Lebon Régis, Mafra, Major Vieira, Monte Castelo, Otacílio Costa, Papanduva, Ponte Alta, Ponte Alta do Norte, Santa Cecília, São Cristóvão do Sul, Timbó Grande, Três Barras e Videira.

É importante destacar que para as produções industriais e vendas no varejo, foram utilizados os dados dessazonalizados conforme disponibilizado pelo Ipeadata, pois poderia haver um impacto errôneo quando se realizasse as regressões tendo em vista que não se identificou sazonalidade nos dados de tráfego e de valor adicionado.

Para poder realizar as análises de diversos cenários possíveis, a base teve que ser dividida em dois tendo em vista a indisponibilidade de dados de valor adicionado em todo o período de funcionamento das praças de pedágio. Assim, a primeira base se refere ao período de janeiro de 2018 a dezembro de 2020, totalizando 36 meses de observação, enquanto a segunda base é com dados de fevereiro de 2009 a dezembro de 2022 (excluindo os dados de valor adicionado), totalizando 167 observações.

4 ANÁLISE DE CENÁRIOS E APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os diversos cenários que o autor simulou as regressões e os testes de causalidade a fim de identificar o(s) cenário(s) que melhor indica a relação entre as variáveis e corroborar o referencial e hipótese inicial do estudo. Com base nos resultados de dez cenários iniciais, o autor realizou novas análises com outros cenários e então pode apresentar os resultados na parte final da seção, o que será objeto de análise também nas conclusões e recomendações.

4.1 MODELO VAR E CAUSALIDADE - CENÁRIOS INICIAIS

Considerando que a variável explicada seja o tráfego de veículos pesados, para verificar o impacto das variáveis explicativas, o autor realizou regressões utilizando regressão múltipla, além do método VAR e verificou os pré-requisitos para aceitação do método, bem como teste de causalidade de Granger. Ao todo foram verificados os resultados de 10 cenários para poder embasar a escolha dos com resultados mais fidedignos e então realizar novas regressões. Abaixo são indicados os cenários.

1. Regressão de tráfego por concessionária em relação ao valor adicionado referente ao trecho em questão entre 2018 e 2020;
2. Regressão de tráfego por concessionária em relação ao valor adicionado referente ao trecho em questão, além da produção industrial dos Estados de SP, PR e RS entre 2018 e 2020;
3. Regressão de tráfego por concessionária em relação ao valor adicionado referente ao trecho em questão, além da produção industrial e vendas no varejo dos Estados de SP, PR e RS entre 2018 e 2020;
4. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de ambos os trechos entre 2018 e 2020;
5. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de ambos os trechos, além da produção industrial dos Estados de SP, PR e RS entre 2018 e 2020;

6. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de ambos os trechos, além da produção industrial e vendas no varejo dos Estados de SP, PR e RS entre 2018 e 2020;
7. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial de Santa Catarina entre 2009 e 2022;
8. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial dos Estados de SP, PR, SC e RS entre 2009 e 2022;
9. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo de Santa Catarina entre 2009 e 2022;
10. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo dos Estados de SP, PR, SC e RS entre 2009 e 2022.

Devido aos resultados obtidos nas regressões, não serão apresentados todos nesta seção. As principais informações das simulações em cada um dos dez cenários elencados acima são apresentadas no Apêndice A.

Percebeu-se que, apesar de a regressão VAR geralmente não apresentar resultados estatisticamente significativos, em alguns cenários há correlação entre o tráfego e valor adicionado ou produção industrial. Em sete dos dez cenários, a utilização de uma única defasagem traz o melhor resultado para os critérios de informação.

Um único cenário não apresenta estabilidade, mas em todos a média dos resíduos das regressões é próxima a zero, o que demonstra que os modelos estão bem calibrados, porém do cenário 6 em diante há indício de autocorrelação entre as variáveis, o que inviabiliza a análise dos resultados. Por fim, alguns modelos confiáveis indicam que há causalidade entre as variáveis, o que é positivo e corrobora a hipótese inicial.

O cenário com melhor resultado foi o de número 3, onde há evidência de causalidade entre tráfego e valor adicionado em ambas as concessionárias. As saídas de dados do Stata referentes à causalidade de Granger desse cenário são apresentadas nas Figuras 8 e 9.

FIGURA 8: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 3 - LITORAL SUL

Granger causality Wald tests

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
litoral	d_va_ls	12.486	2	0.002
litoral	prod_pr	3.5724	2	0.168
litoral	prod_rs	1.4966	2	0.473
litoral	d_prod_sp	1.2448	2	0.537
litoral	vendas_pr	.77122	2	0.680
litoral	vendas_rs	5.3307	2	0.070
litoral	d_vendas_sp	8.3264	2	0.016
litoral	ALL	28.418	14	0.013
d_va_ls	litoral	.50293	2	0.778
d_va_ls	prod_pr	1.5355	2	0.464
d_va_ls	prod_rs	2.6368	2	0.268
d_va_ls	d_prod_sp	.09107	2	0.955
d_va_ls	vendas_pr	2.7408	2	0.254
d_va_ls	vendas_rs	7.1922	2	0.027
d_va_ls	d_vendas_sp	2.3024	2	0.316
d_va_ls	ALL	27.323	14	0.017

FONTE: O Autor (2023)

FIGURA 9: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 3 - PLANALTO SUL

Granger causality Wald tests

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
planalto	d_va_ps	2.0844	2	0.353
planalto	prod_pr	4.682	2	0.096
planalto	prod_rs	1.3744	2	0.503
planalto	d_prod_sp	4.3769	2	0.112
planalto	vendas_pr	.29074	2	0.865
planalto	vendas_rs	5.3068	2	0.070
planalto	d_vendas_sp	10.976	2	0.004
planalto	ALL	18.747	14	0.175
d_va_ps	planalto	10.069	2	0.007
d_va_ps	prod_pr	3.1589	2	0.206
d_va_ps	prod_rs	2.0742	2	0.354
d_va_ps	d_prod_sp	.43257	2	0.806
d_va_ps	vendas_pr	1.7932	2	0.408
d_va_ps	vendas_rs	2.6079	2	0.271
d_va_ps	d_vendas_sp	9.6454	2	0.008
d_va_ps	ALL	37.95	14	0.001

FONTE: O Autor (2023)

Com base nesses cenários, o autor selecionou os que apresentaram os melhores resultados para realizar novas regressões e então apresentar os resultados do trabalho. Tais cenários e discussões serão expostos no próximo tópico. Foram refeitas análises considerando as defasagens e significância dos resultados a partir dos dados indicados no Apêndice A.

4.2 MODELO VAR E CAUSALIDADE - CENÁRIOS FINAIS

Conforme já comentado, foram realizadas novas regressões e análises considerando os melhores resultados dos cenários iniciais, além de se verificar uma nova condição para identificar a correlação entre as variáveis e a possibilidade de causalidade. Foram modeladas as regressões utilizando apenas uma defasagem e realizados todos os testes e análises de requisitos para validar o VAR.

Tendo em vista a autocorrelação nas análises entre 2009 e 2022, foram realizadas análises no período entre 2018 e 2020 e ainda uma conforme o cenário 9. Abaixo são apresentados os cenários para regressões e testes de causalidade.

11. Regressão de tráfego por concessionária em relação ao valor adicionado referente ao trecho em questão entre 2018 e 2020;
12. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de ambos os trechos entre 2018 e 2020;
13. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de todo o Estado de Santa Catarina (todos os municípios, inclusive do Oeste, por exemplo) entre 2018 e 2020;
14. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação ao valor adicionado de todo o Estado de SC, além da produção dos Estados de SP, PR e RS entre 2018 e 2020;
15. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo do Estado de Santa Catarina entre 2009 e 2022.

Devido aos resultados obtidos nas regressões, não serão apresentados todos nesta seção. As principais informações das simulações em cada um dos cinco cenários elencados acima são apresentadas no Apêndice B.

Conforme apresentado no apêndice, apesar de todos os modelos serem estáveis, a média dos resíduos ser próxima a zero e não haver autocorrelação entre as variáveis, o que indica que os modelos são adequados, não se pode concluir que nenhuma variável explicativa causa impactos na variável explicada (tráfego) e vice-versa, com exceção da produção industrial do Paraná e tráfego causar valor adicionado em SC no quarto cenário (cenário 14).

Como o cenário com melhor resultado foi o de número 14, onde há evidência de causalidade entre produção industrial do Paraná e tráfego, além do tráfego causar valor adicionado em SC, as saídas de dados do Stata referentes à causalidade de Granger desse cenário são apresentadas na Figura 10.

FIGURA 10: CAUSALIDADE DE GRANGER CENÁRIO 14

Equation	Excluded	chi2	df	Prob > chi2
trafego	va_sc	.80226	2	0.670
trafego	prod_pr	8.0529	2	0.018
trafego	prod_rs	1.7801	2	0.411
trafego	prod_sp	3.3729	2	0.185
trafego	ALL	88.174	8	0.000
va_sc	trafego	17.11	2	0.000
va_sc	prod_pr	.43769	2	0.803
va_sc	prod_rs	6.3752	2	0.041
va_sc	prod_sp	8.3927	2	0.015
va_sc	ALL	86.498	8	0.000
prod_pr	trafego	2.3773	2	0.305
prod_pr	va_sc	.92627	2	0.629
prod_pr	prod_rs	7.5435	2	0.023
prod_pr	prod_sp	1.4572	2	0.483
prod_pr	ALL	18.197	7	0.011
prod_rs	trafego	4.3405	2	0.114
prod_rs	va_sc	.14485	2	0.930
prod_rs	prod_pr	8.676	2	0.013
prod_rs	prod_sp	5.1054	2	0.078
prod_rs	ALL	14.294	7	0.046
prod_sp	trafego	3.1118	2	0.211
prod_sp	va_sc	.2672	2	0.875
prod_sp	prod_pr	7.6377	2	0.022
prod_sp	prod_rs	9.5368	2	0.008
prod_sp	ALL	22.179	7	0.002

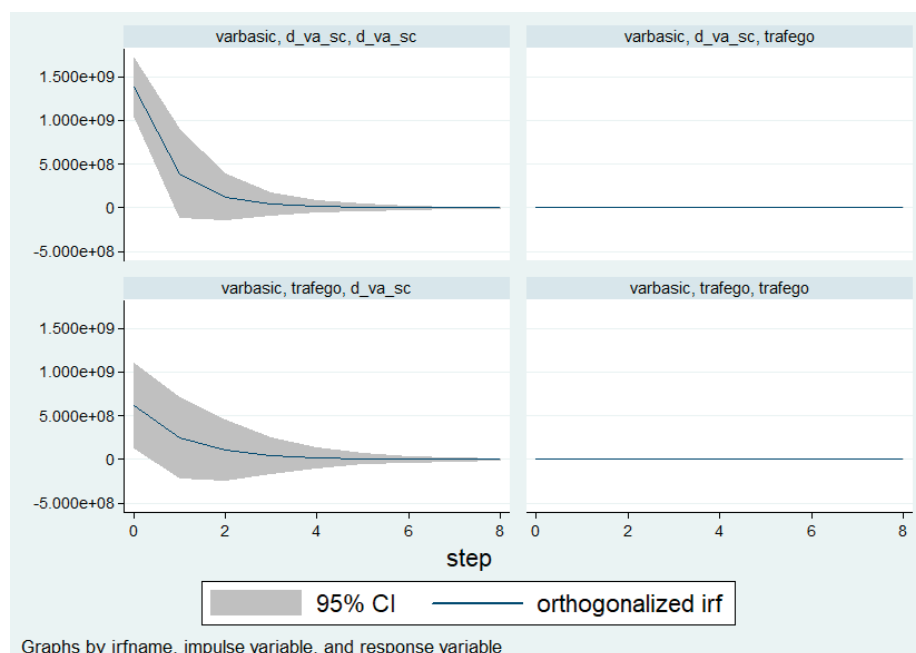
FONTE: O Autor (2023)

Tais resultados indicam que, mesmo havendo correlação entre as variáveis, o que será demonstrado a seguir, não se pode afirmar a causalidade. Ainda assim, o resultado do cenário 14 demonstra que há sim causalidade entre as variáveis e elas são importantes para as análises. Eventualmente novas variáveis devem ser adicionadas ao modelo ou ainda ser realizado tratamento dos dados para poder verificar a causalidade. É possível que tanto as variáveis explicativas como o tráfego de veículos pesados estejam relacionados e sejam impactados por outras variáveis.

4.3 FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA

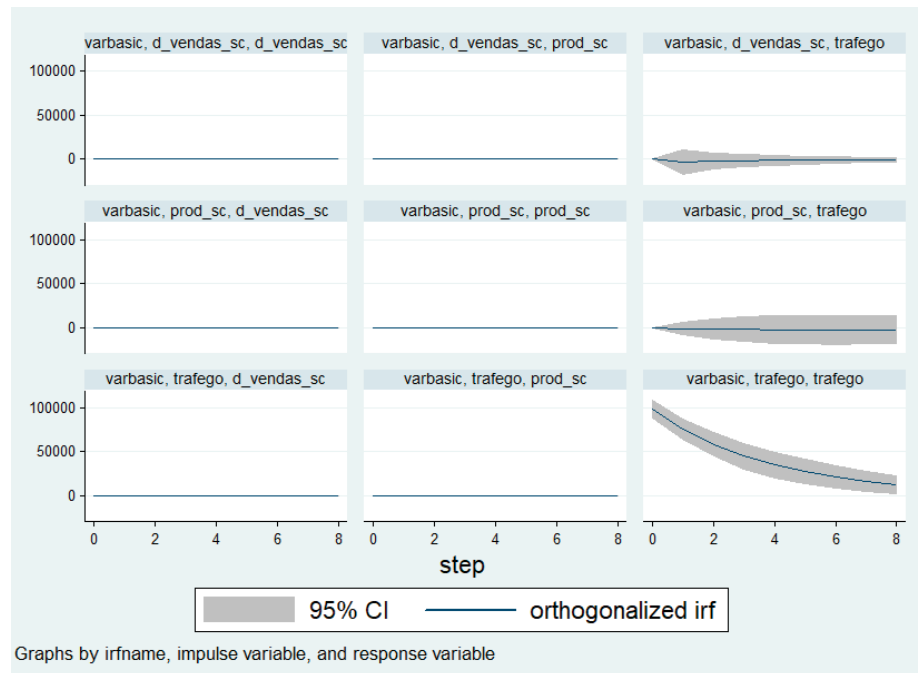
Considerando os resultados do VAR e também das regressões que serão analisadas a seguir, verificou-se os gráficos da Função Impulso Resposta para os cenários 3 e 5, uma vez que o autor identificou maior aderência do tráfego das rodovias relacionado aos dados de Santa Catarina. Assim, a Figura 11 apresenta a função para o cenário 3 (tráfego em relação ao valor adicionado de 2018 a 2020) e a Figura 12 para o cenário 5 (tráfego em relação à produção e vendas de SC de 2009 a 2022).

FIGURA 11: FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA DO TRÁFEGO E VALOR ADICIONADO - 2018 a 2020



FONTE: O Autor a partir do software Stata (2023)

FIGURA 12: FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA DO TRÁFEGO, PRODUÇÃO E VENDAS - 2009 a 2022



FONTE: O Autor a partir do software Stata (2023)

Percebe-se, pela Figura 11, que inicialmente há uma resposta positiva no valor adicionado quando ocorre um choque de desvio-padrão no tráfego de veículos pesados e que esse choque cai com o tempo, se dissipando no longo prazo. Já pela Figura 9, percebe-se que há um impacto maior no tráfego no curto prazo quando são produzidos choques em vendas e que esse impacto se dissipa no longo prazo, enquanto choques na produção industrial causam impactos mais duradouros no tráfego de veículos pesados.

Apesar de o modelo VAR não ter produzido resultados significativos e não se identificar causalidade entre as variáveis, as funções de impulso resposta demonstram que as variáveis têm relação entre si, principalmente no curto prazo, o que era algo esperado considerando o referencial do estudo, uma vez que o tráfego nas rodovias responde de forma muito elástica e sensível a ruídos na economia, especialmente na produção e vendas.

Além disso, os resultados do modelo VAR demonstram que a defasagem de apenas um período é a melhor para a maioria dos cenários, o que indica que relação entre as variáveis é de curtíssimo prazo, ou seja, uma variação no tráfego ou na economia causa impacto direto e automático nas demais variáveis. Isso é fácil de se confirmar verificando as variações na greve dos caminhoneiros e durante a pandemia.

4.4 REGRESSÕES LINEARES

Como não é possível confirmar a causalidade entre as variáveis do modelo, optou-se por confirmar a correlação entre tráfego e os indicadores econômicos utilizados nos cenários 11 a 14, o que confirma a hipótese inicial em sequência das referências analisadas. A Tabela 2 apresenta os resultados dessas regressões com seus respectivos sinais, probabilidades do teste de hipóteses e t de Student para os quatro cenários supracitados neste tópico.

TABELA 2: RESULTADOS DAS REGRESSÕES DOS QUATRO CENÁRIOS DE 2018 A 2020

Cenário	Concessionária	Número F	R ² ajustado	Variável	Sinal coeficiente	Probabilidade de rejeitar H0	Teste t de Student
11	Litoral Sul	25,44	0,4112	Valor adicionado SC	Positivo	0,000	5,040
	Planalto Sul	6,55	0,1368		Positivo	0,015	2,560
12	Ambas	23,05	0,3865	Valor adicionado SC	Positivo	0,000	4,800
13	Ambas	29,11	0,4454	Valor adicionado SC	Positivo	0,000	5,400
14	Ambas	11,37	0,5423	Valor adicionado SC	Positivo	0,000	4,790
				Produção SP	Negativo	0,091	-1,740
				Produção PR	Positivo	0,068	1,890
				Produção RS	Positivo	0,471	0,730

FONTE: O Autor (2023)

As informações da tabela demonstram que a regressão específica do trecho da Planalto Sul não é tão satisfatória considerando o R² ajustado. Portanto, o mais recomendado seria agregar os dados de ambas as concessionárias, conforme cenários 12 a 14.

Apesar do R² ser maior, o cenário 14 não é satisfatório uma vez que o teste de hipótese não é atendido para as produções industriais de SP e RS, o que torna essa regressão não favorável para análise.

O cenário 13 se mostrou mais explicativo que o 12, o que demonstra que outras regiões do Estado de Santa Catarina causam impacto no tráfego das rodovias, não bastando analisar apenas os municípios dos corredores. Assim, considerando apenas essa regressão, é possível afirmar que o valor adicionado de Santa Catarina tem alta correlação com o tráfego de veículos pesados, corroborando a hipótese inicial

desse estudo. Porém, é importante destacar que o R^2 ajustado é de cerca de 44% e o número F de 29,11, ou seja, a inclusão de outras variáveis é interessante para melhorar a sensibilidade do modelo.

Por último, a fim de validar apenas a correlação entre todas as variáveis já citadas no trabalho, foram realizadas regressões entre diversas composições de dados. Nesses cenários, foram realizadas análises em todo o período entre 2009 e 2022. Abaixo são apresentados os cenários para essas regressões.

16. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial do Estado de SC;
17. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo do Estado de SC;
18. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial dos Estados de SP, PR, SC e RS;
19. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo dos Estados de SP, PR, SC e RS;
20. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial e vendas no varejo apenas dos Estados do sul - PR, SC e RS;
21. Regressão do tráfego de ambas as concessionárias em relação à produção industrial apenas dos Estados do sul - PR, SC e RS, além de vendas no varejo do Estado de SC.

A Tabela 3 apresenta os resultados dessas regressões com seus respectivos sinais, probabilidades do teste de hipóteses e t de Student para os quatro cenários supracitados neste tópico. Cabe destacar que o período de análise é de 2009 a 2022.

TABELA 3: RESULTADOS DAS REGRESSÕES DOS SEIS CENÁRIOS DE 2009 A 2022

Cenário	Número F	R^2 ajustado	Variável	Sinal coeficiente	Probabilidade de rejeitar H_0	Teste t de Student
16	5,87	0,0287	Produção SC	Positivo	0,016	2,420
17	93,95	0,5298	Produção SC	Positivo	0,000	4,550
			Vendas SC	Positivo	0,000	13,260

18	42,31	0,5003	Produção SC	Positivo	0,001	3,480
			Produção SP	Negativo	0,000	-7,910
			Produção PR	Positivo	0,000	9,500
			Produção RS	Negativo	0,571	-0,570
19	30,76	0,5906	Produção SC	Positivo	0,005	2,820
			Produção SP	Negativo	0,117	-1,580
			Produção PR	Positivo	0,000	3,570
			Produção RS	Negativo	0,173	-1,370
			Vendas SC	Positivo	0,154	1,430
			Vendas SP	Positivo	0,185	1,330
			Vendas PR	Negativo	0,274	-1,100
			Vendas RS	Positivo	0,120	1,560
20	39,73	0,5848	Produção SC	Positivo	0,015	2,450
			Produção PR	Positivo	0,000	3,630
			Produção RS	Negativo	0,061	-1,890
			Vendas SC	Positivo	0,000	3,740
			Vendas PR	Negativo	0,834	-0,210
			Vendas RS	Positivo	0,106	1,630
21	57,37	0,5775	Produção SC	Positivo	0,074	1,800
			Produção PR	Positivo	0,000	4,390
			Produção RS	Negativo	0,168	-1,390
			Vendas SC	Positivo	0,000	10,170

FONTE: O Autor (2023)

Apesar do bom resultado, o cenário 16 tem um baixo R^2 ajustado, o que não o torna muito explicativo. Com exceção do cenário 17, todos apresentam resultados que variam de acordo com a inclusão de variáveis, principalmente com dados de São Paulo e Rio Grande do Sul, o que sugere que o tráfego deve ter maior correlação com as variáveis de Santa Catarina e Paraná, especialmente o estado catarinense, o que era aguardado considerando a composição do tráfego e a origem/destino.

Assim, com base no cenário 17, podemos afirmar que a produção industrial e vendas no varejo de Santa Catarina têm correlação com o tráfego de veículos pesados nas BR-101 e BR-116. O R^2 deste cenário é elevado (53%) e tem o maior número F (93,95), enquanto a inclusão das outras variáveis não torna as regressões mais

assertivas, o que indica boa precisão do modelo, porém a inclusão de outras variáveis não discutidas nesse trabalho possa ser necessária.

De toda forma, todas as regressões foram satisfatórias e os resultados estão em linha com o referencial estudado, o que valida os modelos e os dados utilizados. Percebe-se, tanto pela regressão 17 como pela 18 de 2018 a 2020, que os impactos das variáveis apenas do estado de Santa Catarina são mais significativos que as demais, o que corrobora a pesquisa origem/destino e os estudos de que a infraestrutura, o desenvolvimento econômico regional e a demanda por tráfego nas rodovias estão correlacionadas.

4.5 ANÁLISE DE COINTEGRAÇÃO

Por fim, considerando que as variáveis de tráfego de 2018 a 2020 e de valor adicionado são não estacionárias, verificou-se a cointegração das séries por meio dos testes necessários. Após confirmar que os resíduos são brancos e que apresentam distribuição normal, foi possível chegar nos resultados apresentados na Tabela 4.

TABELA 4: ANÁLISE DE COINTEGRAÇÃO – TRÁFEGO E VALOR ADICIONADO

Variável	Modelo			
	Longo prazo	p-valor	Curto prazo	p-valor
Tráfego	5,57	0,003	-0,0042	0,758
VA	0,364	0,000	0,675	0,000
MCE	N/A	N/A	-1,025	0,000

FONTE: O Autor (2023)

Como as variáveis foram modeladas em escala logarítmica, é possível afirmar que, no longo prazo, a variação de 1% no valor adicionado causa variação de 0,36% no tráfego de veículos pesados em ambas as concessionárias. Já no curto prazo, esse impacto é maior, chegando a 0,67%, de acordo com o já discutido em relação a defasagens e comportamento das variáveis e referencial. Os dados são mensais e, pelo método de correção de erros (MCE), há um impacto de cerca de 100% ao mês para a convergência, ou seja, o impactado do VA se dissipa rapidamente.

Esses resultados demonstram que as séries são cointegradas no longo prazo e, portanto, possuem uma correlação entre si. Voltando ao fato de a causalidade não ser significativa, há necessidade de se confirmar o que motiva essa correlação e até

mesmo se a inclusão de novos indicadores ou tratamento dos dados demonstrará a causalidade.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados apresentados e discutidos em todo o capítulo anterior demonstram que a o referencial teórico e a hipótese inicial são válidos, uma vez que as simulações demonstraram haver correlação entre o tráfego de veículos pesados e indicadores econômicos, principalmente valor adicionado, produção industrial e vendas no varejo.

Ao contrário do que se esperava atingir no início do trabalho, não foi possível identificar causalidade direta entre as variáveis, o que pode indicar que a inclusão de outras variáveis se faça necessária para calibrar melhor o modelo e ser possível identificar o que causa impacto tanto no tráfego de veículos pesados como nos indicadores econômicos avaliados.

O processo de levantamento de dados e identificação de variáveis correlacionadas não é simples tendo em vista a dinâmica da economia e os diversos motivos de motivação para viagens em rodovias. Além dos indicadores elencados, é importante notar que o tráfego em rodovias brasileiras é fortemente influenciado por importações e exportações por conta da baixa cobertura de ferrovias.

Percebeu-se que há forte correlação entre as variáveis, especialmente as de cunho regional, como as específicas do Estado de Santa Catarina e que o impacto é de curto prazo, chegando a apenas uma defasagem. Isso demonstra que realmente há relação entre o tráfego e economia e que distúrbios são percebidos de forma muito rápida. Isso é um sinal de alerta para os gestores, tanto de concessionárias como públicos, pois precisam estar sempre atentos ao comportamento da economia regional para identificar oportunidades de tráfego.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista os resultados e o já discutido, recomenda-se que trabalhos futuros utilizem indicadores mais detalhados que captem o comportamento da economia catarinense e brasileira, especialmente produção agropecuária e elementos de importações e exportações em portos e aeroportos, especialmente para a BR-101 (Litoral Sul), uma vez que a rodovia faz a ligação entre diversos importantes portos e aeroportos brasileiros.

Como o modelo VAR não trouxe resultados estatisticamente significativos não é possível realizar previsões para o tráfego de veículos com base apenas nos indicadores selecionados, o que é uma recomendação para trabalhos futuros, ou seja, é possível calibrar os modelos para realizar previsões.

É importante que trabalhos futuros, após identificar a causalidade entre as variáveis, façam previsões de curto prazo para o tráfego, pois isso é extremamente necessário para que as concessionárias façam boas previsões de fluxo de caixa e consigam direcionar melhor seus investimentos. Sabe-se que previsões em economia são sempre incertas, mas qualquer estimativa além das atuais já é um grande avanço.

Além disso, a identificação da correlação e causalidade facilita o entendimento do comportamento do tráfego já ocorrido e pode ser utilizado para que concessionárias e governo estabeleçam melhores políticas públicas para atração de tráfego e garantia da infraestrutura existente, bem como melhorias para evitar gargalos e consequente perda de competitividade.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). **Anuário do Setor Ferroviário**. 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/anuario-do-setor-ferroviario>>. Acesso em: 28 out. 2022.

Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). **Concessões Rodoviárias**. 2014b. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/5261/Concessoes_Rodoviaras.html> . Acesso em: 02 out. 2014.

Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Estatístico Aquaviário 2.1.4**. 2022. Disponível em: < <http://ea.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantag%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>>. Acesso em: 28 out. 2022.

ARAÚJO, Maria da Piedade. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. 115 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências – Economia Aplicada, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: < <https://pdfs.semanticscholar.org/c0ba/be15839290661a259a950fdd0bafaffa61f3.pdf>> . Acesso em: 28 out. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCESSIONÁRIAS DE RODOVIAS (ABCR). **Índice ABCR**. 2022. Disponível em: <https://abcr.org.br/indice/entend-ao-indice>. Acesso em: 28 out. 2022.

BARAT, Josef. **O investimento em transporte como fator de desenvolvimento regional – uma análise da expansão rodoviária no Brasil**. 4° Simpósio de Economia Rodoviária, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p.25-52, jul./set. 1969. Disponível em: < <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbe/article/view/1696/5984>>. Acesso em: 28 out. 2022.

BARBO, André Roriz de Castro *et al.* **A evolução da regulação nas rodovias federais concedidas.** Revista Antt, Brasília, v. 2, n. 2, nov. 2010. Disponível em: <http://appweb2.antt.gov.br/revistaantt/ed3/_asp/ed3-artigosEvolucao.asp>. Acesso em: 20 out. 2014.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNLT.** Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1352743917.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2014.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **PNL 2035 – Plano Nacional de Logística.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/PNL_2035_29-10-21.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Mapa Rodoviário Federal.** Brasília, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/08-mapa-rodovirio-federal-pdf>>. Acesso em: 28 out. 2022.

CENTRO-OESTE BRASIL. **Ferrovias existentes em 1910.** Disponível em: <http://vfco.brazilia.jor.br/Planos-Ferrovirios/evolucao-da-rede-de-estradas-de-ferro-1910.shtml>. Acesso em: 28 out. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil.** 2016. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil>. Acesso em: 25 set. 2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Pesquisa CNT de Rodovias 2021.** 2021. Disponível em: https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Pesquisa_CNT_Rodovias_2021_Web.pdf. Acesso em: 28 out. 2022.

COSTA, Hudson Chaves. **Modelo Vetorial Autorregressivo (VAR).** 2023. Disponível em: <<https://rpubs.com/hudsonchavs/varsvar#:~:text=Os%20modelos%20VAR%20s%C3>>

%A3o%20sistemas,sobre%20determinada%20vari%C3%A1vel%20do%20sistema>. Acesso em 15 mar. 2023.

DUARTE, Patricia Cristina; LAMOUNIER, Wagner Moura; TAKAMATSU, Renata Turola. **Modelos Econométricos para Dados em Painel: Aspectos Teóricos e Exemplos de Aplicação à Pesquisa em Contabilidade e Finanças**. 2022. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176819/mod_resource/content/1/Artigo%20-%20Modelos%20em%20Painel.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

EMILIANO, Paulo César. **Critérios de Informação: Como eles se comportam em diferentes modelos?**. 2013. 195 f. Tese (Doutorado) – Curso de Estatística e Experimentação Agropecuária – Economia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/1465/1/TESE_Crit%C3%A9rios%20de%20informa%C3%A7%C3%A3o%20%20como%20eles%20se%20comportam%20em%20diferentes.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

FOWKES, T., NASH, C., TONER, J., TWEDDLE, G., 1993. **Disaggregate approaches to freight analysis. A feasibility study**. Institute for Transport Studies Working Paper 399, University of Leeds.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Relação entre o transporte rodoviário de carga e PIB pode chegar a 29%, segundo cálculos da FGV**. 2020. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/relacao-entre-transporte-rodoviario-carga-e-pib-pode-chegar-29-segundo-calculos-fgv>. Acesso em: 25 set. 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Atlas Histórico do Brasil**. 2016. Disponível em: <https://atlas.fgv.br/marcos/governo-juscelino-kubitschek-1956-1961/mapas/estradas-de-rodagem-expansao-de-1957-1964>. Acesso em: 28 out. 2022.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. 5. ed. Nova Iorque: Amgh Editora Ltda, 2011.

HILL, R. C; GRIFFITHS, W. E.; JUDGE, G. G. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 1999.

MAIA, Paulo Roberto Bastos. **Análise comparativa da previsão de demanda de energia elétrica industrial no período pós-crise: uma aplicação dos modelos VAR e BVAR**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/17790/17790_4.PDF>. Acesso em: 15 mar. 2023.

PRESTON, J. **Integrating transport with socio-economic activity: a research agenda for the new millennium**. *Journal of Transport Geography*, Pergamon, v. 9, n. 1, p. 13-24, Mar. 2001.

REIS, Marcelo Menezes. **Análise de séries temporais**. 2023. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~marcelo.menezes.reis/Cap4.pdf>. Acesso em 15 mar. 2023.

RESEARCHGATE. **Distribuição espacial das principais ferrovias do Brasil - 2009**. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-1-Distribuicao-espacial-das-principais-ferrovias-do-Brasil-2009_fig2_46456348. Acesso em: 28 out. 2022.

RESENDE, P.; GUILHOTO, J.J.M.; HEWINGS, G.J.D. **Free trade and transportation infrastructure in Brazil: towards an integrated approach**. In: NORTH AMERICAN MEETINGS OF THE REGIONAL SCIENCE ASSOCIATION INTERNATIONAL, 50., 2003, Philadelphia. Proceedings... Philadelphia: NARC, 2003. 1 CD-ROM

ROCHA, Cristine Fursel. **O transporte de cargas no Brasil e sua importância para a economia**. 2015. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015. Disponível em: < <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/3003/O%20Transporte%20de%20Cargas%20no%20Brasil%20e%20sua%20Import%c3%a2ncia%20para%20a%20Economia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 out. 2022.

ROCHA, Isa de Oliveira; BARBOSA, Aurora Maria Putton; CABRAL, Elisa. **Notas sobre a infra-estrutura de transportes terrestres – rodoviário e ferroviário – de Santa Catarina (Brasil)**. 2007. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiadeltransporte/13.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2022.

SARMENTO, Eduardo Reinaldo. **Capital intelectual e a percepção de valor das empresas: um estudo de dados em painel**. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Econômico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/56597/R%20-%20D%20-%20EDUARDO%20REINALDO%20SARMENTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 out. 2022.

SMOLSKI, Felipe Micaíl da Silva. **Regressão com Dados em Painel**. 2022. Disponível em: <https://smolski.github.io/livroavancado/regressao-com-dados-em-painel.html>. Acesso em: 28 out. 2022.

SOARES, Thiago Costa. **Dados em painel: efeitos fixos x efeitos aleatórios**. Juiz de Fora: Economiaetv, 2020. (12 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=40bBGsRPfGo>. Acesso em: 28 out. 2022.

TRIBUTARIE. **Tecnologia a favor da gestão, monitoramento e auditoria**. 2022. Disponível em: [https://www.tributare.com/eficiencia-fiscal/vaf/#:~:text=O%20Valor%20Adicionado%20Fiscal%20\(VAF,de%20Comunica%C3%A7%C3%A3o%20\(ICMS\)%20e%20do](https://www.tributare.com/eficiencia-fiscal/vaf/#:~:text=O%20Valor%20Adicionado%20Fiscal%20(VAF,de%20Comunica%C3%A7%C3%A3o%20(ICMS)%20e%20do). Acesso em: 28 out. 2022.

VAR Model in Stata. Roteiro: Juan D'Amico. Waterloo: JD Economics, 2021. Color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=I2lpCRfi7ts>. Acesso em: 20 mar. 2023.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2002.

APÊNDICE A – Resultados dos 10 primeiros cenários

Cenário	Resultados VAR	Melhor critério de informação	Estabilidade	Média dos erros residuais	Autocorrelação	Causalidade de Granger
1	Não significativo	1 lag	Sim	0,0003255	Não	Não significativo
2	Não significativo	1 lag	Sim	0,0002178	Não	Não significativo
3	Valor adicionado no tráfego da Litoral e tráfego no VA da Planalto	1 lag	Sim	-0,0005364	Não	VA causa tráfego na Litoral e tráfego causa VA na Planalto
4	Não significativo	1 lag	Sim	-0,0002386	Não	Não significativo
5	Não significativo	1 lag	Sim	-0,0002737	Não	Tráfego causa VA
6	Não significativo	2 lags	Não	0,00000439	Sim, em ambas as defasagens	Tráfego causa VA
7	Não significativo	2 lags	Sim	0,0000266	Não	Não significativo
8	Não significativo	2 lags	Sim	0,000185	Não	Tráfego causa produção do PR
9	Não significativo	1 lag	Sim	0,0000593	Não	Não significativo
10	Não significativo	1 lag	Sim	0,00000484	Sim, em ambas as defasagens	Tráfego causa produções

APÊNDICE B – Resultados dos cinco cenários finais

Cenário	Resultados VAR	Estabilidade	Média dos erros residuais	Autocorrelação	Causalidade de Granger
11	Não significativo	Sim	0,000578 e - 0,0000166	Não	Não significativo
12	Não significativo	Sim	-0,0002163	Não	Não significativo
13	Não significativo	Sim	-0,0007842	Não	Não significativo
14	Produção PR em tráfego Tráfego em VA	Sim	-0,0000574	Não	Produção PR causa tráfego Tráfego causa VA
15	Não significativo	Sim	0,0002079	Não	Não significativo