

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Julianna Alves Spall Lopes

**RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E  
VARIÁVEIS MACROECONOMICAS NA AGROPECUÁRIA  
BRASILEIRA**

**Santa Maria, RS**

**2021**

**JULIANNA ALVES SPALL LOPES**

**RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E  
VARIÁVEIS MACROECONOMICAS NA AGROPECUÁRIA  
BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Adriano Mendonça Souza

Santa Maria, RS

2021

LOPES, JULIANNA ALVES SPALL  
RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E  
VARIÁVEIS MACROECONOMICAS NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA  
/JULIANNA ALVES SPALL LOPES.- 2021.  
79 p.; 30 cm

Orientador: ADRIANO MENDONÇA SOUZA  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de  
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS,  
2021

1. Análise de Cluster 2. Modelos Autorregressivos Vetoriais 3.  
Agropecuária Brasileira 4. Gases do Efeito Estufa I. SOUZA, ADRIANO  
MENDONÇA II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

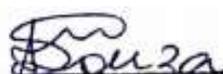
Declaro, JULIANNA ALVES SPALL LOPES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

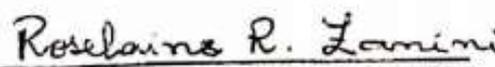
**JULIANNA ALVES SPALL LOPES**

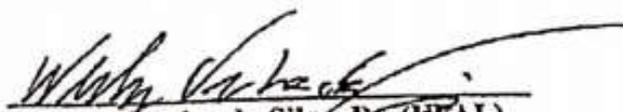
**RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E  
VARIÁVEIS MACROECONOMICAS NA AGROPECUÁRIA  
BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito para obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção.**

**Aprovada em 15 de março de 2021:**

  
\_\_\_\_\_  
**Adriano Mendonça Souza, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
**Roselaine Ruviero Zanini, Dra. (UFSM)**

  
\_\_\_\_\_  
**Wesley Vieira da Silva, Dr. (UFAL)**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela oportunidade de entrar neste Mestrado e pelas oportunidades proporcionadas.

A minha família, ao meu esposo Alex, pela compreensão, paciência, apoio em todos os momentos e incentivo na busca contínua do conhecimento.

Aos meus amigos, de perto e de longe, mas todos sempre muito compreensivos.

Ao meu orientador, Dr. Adriano Mendonça Souza pelas orientações, confiança, dedicação, até mesmo pelas cobranças e desafios, pois sem eles eu não teria chegado até o fim, muito obrigada.

Aos colegas do LAME, por me receberem tão bem, em especial ao Tailon, Alisson, Renan e Tamires, obrigada meus amigos.

Aos demais professores do PPGEF, aos funcionários da secretaria.

À banca avaliadora, professor Dr. Wesley Vieira da Silva, professora Dra. Roselaine Ruviano Zanini e professor Dr. Daniel Arruda Coronel.

## RESUMO

# RELAÇÃO ENTRE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO E VARIÁVEIS MACROECONOMICAS NA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

AUTOR: Julianna Alves Spall Lopes  
ORIENTADOR: Adriano Mendonça Souza

O objetivo desta pesquisa foi investigar, por meio da análise de *Cluster*, quais as variáveis decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes que possuem comportamentos análogos e determinar um Modelo Autorregressivo Vetorial (VAR), com o intuito de analisar a inter-relação entre as variáveis, por meio da análise da função impulso-resposta. Em meio às fontes de emissão de GEE na agropecuária, pecuária de corte e utilização de fertilizantes, serão estudadas as variáveis do setor da agropecuária brasileira (fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, solos agrícolas, animais abatidos, consumo de fertilizantes, emissões diretas, deposição atmosférica e lixiviação) e variáveis macroeconômicas (valor *Free On Board* das importações e exportações, Produto Interno Bruto e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). O período de análise é de janeiro de 1997 a agosto de 2006 enquanto que as variáveis utilizadas foram extraídas da página do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG), da base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e do portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A análise de *Cluster* demonstrou ser uma ferramenta hábil para classificar as variáveis do setor e as variáveis macroeconômicas em termos de exogeneidade, assim como o modelo VAR, para identificar o inter-relacionamento entre essas variáveis. Após compreender a dinâmica e os efeitos que as variáveis causam umas nas outras, foram propostas fontes de buscas de medidas de redução das emissões de GEE.

**Palavras-chave:** Análise de *Cluster*. Modelos Autorregressivos Vetoriais. Agropecuária Brasileira. Gases do Efeito Estufa.

## ABSTRACT

### RELATIONSHIP BETWEEN CARBON DIOXIDE EMISSIONS AND MACROECONOMIC VARIABLES IN BRAZILIAN AGRICULTURE

AUTHOR: Julianna Alves Spall Lopes  
SUPERVISOR: Adriano Mendonça Souza

The objective of this research was to investigate, through Cluster analysis, which variables resulting from the production of beef cattle and fertilizers that have similar behaviors and determine a Vector Auto-regressive Model (VAR) in order to analyze the interrelationship between the variables, through the analysis of the impulse-response function. Amid sources of GHG emissions in agriculture, beef cattle and fertilizer use, the variables of the Brazilian agriculture and livestock sector will be studied (enteric fermentation, management of animal waste, agricultural soils, slaughtered animals, fertilizer consumption, direct emissions, atmospheric deposition and leaching); economic variables (Free On Board value of imports and exports, Gross Domestic Product and Broad National Consumer Price Index). The period of analysis is from January 1997 to August 2006 while the variables used were extracted from the page of the Greenhouse Gas Emissions Estimation System (SEEG), from the database of the Institute of Applied Economic Research and from the portal of the Brazilian Institute of Geography and Statistics. *Cluster* analysis has proven to be a skillful tool for classifying sector variables and economic variables in terms of exogeneity, as well as the AVM model for identifying the interrelationship between variables. After understanding the dynamics and the effects that the variables cause on each other, sources of GHG emission reduction measures were proposed.

**Keywords:** *Cluster* Analysis. Vector Autoregressive Models. Brazilian agriculture. Greenhouse Gases.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Diagrama da emissão do metano entérico pelo gado .....	20
Figura 2 -	Emissões diretas e indiretas provenientes da agropecuária em 2012 ..	25
Figura 3 -	Erosão de solos agrícolas com lavagem de nutrientes .....	26
Figura 4 -	Fluxograma com os passos metodológicos .....	37

### ARTIGO

Figura 1 -	Dendogramas da análise de <i>Cluster</i> , das variáveis LIX, DEPAT, CFERT, PIB, ANI, MDA, SAGR e FE .....	48
Figura 2 -	Gráficos das variáveis em nível: animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), deposição atmosférica (DEPAT), fermentação entérica (FE), lixiviação (LIX), manejo de dejetos de animais (MDA), Produto Interno Bruto (PIB) e solos agrícolas (SAGR) .....	49
Figura 3 -	Gráficos da função impulso-resposta .....	53

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 -	Descrição das variáveis da agropecuária brasileira e variáveis macroeconômicas .....	36
<b>ARTIGO</b>		
Tabela 1 -	Resultados dos testes de raiz unitária das variáveis ANI, CFERT, DEPAT, FE, LIX, MDA, PIB e SAGR .....	50
Tabela 2 -	Resultados do teste de Causalidade de Granger .....	51
Tabela 3 -	Resultado dos critérios AIC para a seleção da ordem do modelo .....	52
Tabela 4 -	Resumo dos resultados do <i>Block Exogeneity Test</i> .....	52
Tabela 5 -	Resultado da decomposição da variância das variáveis ANI, PIB, SAGR, FE, DEPAT, CFERT, LIX e MDA .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF	<i>Augmented Dick-Fuller</i>
AIC	<i>Akaike Information Criterion</i>
ANDA	Associação Nacional para Difusão dos Adubos
ANI	Animais Abatidos
ANUALPEC	Anuário da Pecuária Brasileira
BIC	<i>Bayesian Information Criterion</i>
CFERT	Consumo de Fertilizantes
CH <sub>4</sub>	Gás Metano
CO	Gás Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub> e	Dióxido de Carbono Equivalente
DEPAT	Deposição Atmosférica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMID	Emissões Diretas
FE	Fermentação Entérica
FOB	<i>Free On Board</i> - Livre a bordo
GEE	Gases do Efeito Estufa
HQ	<i>Hannan-Quinn information criterion</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC	Inventário Brasileiro e as Diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
KPSS	<i>Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin</i>
LIX	Lixiviação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MDA	Manejo de Dejetos Animais (coletados e tratados)
MtCO <sub>2</sub> e	Tonelada Métrica de Dióxido de Carbono
N	Gás Nitrogênio
N <sub>2</sub> O	Gás Óxido Nitroso
NO <sub>3</sub>	Nitrato
PIB	Produto Interno Bruto
PP	<i>Phillips e Perron</i>
SAGR	Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem)
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa
SNIPC	Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
VAR	Modelos Autorregressivos Vetoriais
VEXP	Valor FOB das exportações: agropecuária
VIMP	Valor FOB das importações: agropecuária

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA .....	14
1.2	TEMA DA PESQUISA .....	14
1.3	JUSTIFICATIVA .....	14
1.4	OBJETIVOS .....	15
<b>1.4.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	15
<b>1.4.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	15
1.5	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	18
2.1	A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA E O POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE GEE .....	18
<b>2.1.1</b>	<b>Emissões na Pecuária de Corte</b> .....	19
<b>2.1.2</b>	<b>Emissões no Consumo de Fertilizantes</b> .....	19
2.2	VARIÁVEIS DO SETOR DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA .....	19
<b>2.2.1</b>	<b>Fermentação Entérica</b> .....	20
<b>2.2.2</b>	<b>Manejo de Dejetos de Animais</b> .....	21
<b>2.2.3</b>	<b>Solos Agrícolas</b> .....	22
<b>2.2.4</b>	<b>Animais Abatidos</b> .....	23
<b>2.2.5</b>	<b>Consumo de Fertilizantes</b> .....	23
<b>2.2.6</b>	<b>Emissões Diretas</b> .....	24
<b>2.2.7</b>	<b>Deposição Atmosférica</b> .....	25
<b>2.2.8</b>	<b>Lixiviação</b> .....	26
2.3	VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS .....	27
<b>2.3.1</b>	<b>Valor FOB das Importações E Exportações</b> .....	27
<b>2.3.2</b>	<b>Produto Interno Bruto</b> .....	28
<b>2.3.3</b>	<b>Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo</b> .....	28
2.4	ANÁLISE DE <i>CLUSTER</i> .....	29
2.5	TESTES DE ESTACIONARIEDADE .....	30
2.6	TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER .....	31
2.7	MODELOS AUTORREGRESSIVOS VETORIAIS (VAR) .....	32
2.8	FUNÇÃO IMPULSO-RESPOSTA .....	33
2.9	DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA .....	34
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	35
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	35
3.2	COLETA DE DADOS .....	35
3.3	FLUXOGRAMA METODOLÓGICO .....	37
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	40
4.1	ARTIGO: MODELOS AUTORREGRESSIVOS VETORIAIS NOS GASES DE EFEITO ESTUFA DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA .....	41
	<b>RESUMO</b> .....	41

	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>41</b>
	<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>42</b>
	<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
	<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
	<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>68</b>
	<b>ANEXO A – BANCO DE DADOS: VARIÁVEIS DA AGROPECUÁRIA E VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS: DE JANEIRO DE 1997 A AGOSTO DE 2006 .....</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO B - VAR AJUSTADO NA FORMA DE EQUAÇÃO .....</b>	<b>74</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE A - COEFICIENTES DO MODELO VAR AJUSTADO .....</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção no ambiente rural é formada basicamente pela agropecuária, expressão usada para designar a forma agrupada da pecuária com a agricultura. O Brasil ocupa o primeiro lugar no mundo como produtor rural de café, cana-de-açúcar, laranja e bovinos, além de segundo e terceiro respectivamente no cultivo de soja (2º), milho (3º), suínos (3º) e equinos (3º). A atividade agropecuária representa 8% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro e gera emprego para pelo menos 10% da população ativa em relação à economia do país (FREITAS, 2020).

O crescimento do cultivo de alimentos no mundo implicou mudança da vegetação nativa por lavouras contínuas, assim como por espécies vegetais propostas à alimentação animal. Recentemente, a exigência de energia renovável tem causado o aumento de plantios para geração de energia e biocombustíveis. Esse panorama de transformações do uso do solo tem sido um tema discutido no Brasil, por ser um país que se tornou destaque global na erradicação da fome do planeta, em decorrência das amplas áreas agriculturáveis e de sua economia, em sua maior parte, focada na atividade agropecuária (EMBRAPA, 2015a).

O interesse de órgãos ligados à agropecuária e de grande parte das instituições de pesquisa do país, nesse assunto, é restrito, e poucos subsídios estão sendo difundidos sobre fatores de emissão de gases do efeito estufa (GEE), subsídios esses que são importantes para que os inventários possam ser elaborados e formuladas ações de mitigação dessas emissões (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2020).

O tema da produção pelo setor agropecuário de GEE inclui-se no assunto da produção antrópica, que diversos cientistas avaliam ser a principal causa das mudanças climáticas. Diante do cenário atual, a agropecuária brasileira, com foco na pecuária de corte e utilização de fertilizantes, é considerada potencial fonte de emissões de GEE, devido a sua crescente expansão em número e desenvolvimento territorial (EMBRAPA, 2012).

Em meio a essas duas fontes de emissão de GEE na agropecuária, serão estudados, dentro da pecuária de corte, a fermentação entérica, o manejo de dejetos (coletados e tratados) e os dejetos excretados e deixados na pastagem (solos agrícolas), uma vez que esses processos emitem metano (CH<sub>4</sub>) (SEEG, 2019).

Por sua vez, a emissão indireta libera N<sub>2</sub>O, o que acontece por meio da deposição atmosférica após a volatilização, passagem de uma substância química do estado líquido ou sólido ao estado de gás ou vapor, e a lixiviação, processo erosivo ocasionado a partir da lavagem

da camada superficial do solo, que acontece pelo escoamento das águas superficiais, após a aplicação de fertilizante ao solo (SEEG, 2019).

Assim como o metano e o óxido nitroso, existem outros GEE que contribuem para o crescimento desse efeito no planeta. Para determinar o potencial de aquecimento global dos gases, foi criado o conceito de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Esse conceito representa o peso no efeito estufa de cada gás em CO<sub>2</sub>, medido pela multiplicação da quantidade de um gás por seu Potencial de Aquecimento Global, em um certo tempo (geralmente 100 anos), comparada à mesma capacidade de absorção de calor por parte do monóxido de carbono (CO) (ECYCLE, 2019).

As emissões de GEE são complexas, pois são diversas as suas fontes de emissão no mundo todo, e analisar a agropecuária como uma delas no Brasil é uma demanda que engloba não somente temas ligados à fermentação entérica, método pelo qual ocorre a produção de metano ruminal, mas também o manejo de dejetos e mudanças ocasionadas na terra pelo uso de fertilizantes (PAULO; DOMINGUES, 2001).

No ano de 2013, a plataforma SEEG, alimentada pelo Observatório do Clima, informou as previsões de emissões de GEE do Brasil, nos cinco setores, para o período de 1990 a 2012: agropecuária, mudança de uso do solo, indústria, energia e resíduos, destacando que, das 1.488 MtCO<sub>2</sub>e de GEE emitidos nesses setores brasileiros no ano de 2012, a agropecuária foi responsável por 29,7% do total. Nos últimos 22 anos, o setor agropecuário aumentou suas emissões em aproximadamente 50%; no ano de 1990, o total de emissões na agropecuária era próximo de 300 MtCO<sub>2</sub>e, alcançando o número de 440 MtCO<sub>2</sub>e em 2012 (IMAFLOA, 2014).

Os estudos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) dimensionam que até 2022/23 o Brasil irá abastecer aproximadamente 200 milhões de brasileiros, e 200 países tornar-se-ão excedentes exportáveis. Para acompanhar o crescimento da demanda mundial, esses estudos indicam o aumento das emissões (IMAFLOA, 2014).

Para Bach et al. (2020), os consumidores são racionais e estão em busca de metodologias para analisar as informações do mercado antes de realizarem as compras, informações essas afirmadas pela teoria econômica tradicional.

Souza et al. (2018) também descrevem o campo da inteligência organizacional como um elemento importante na estatística, pois envolve as tecnologias para a coleta, acompanhamento, acesso e análise de dados com intuito de auxiliar as decisões empresarias, transformando dados brutos e não compreendidos em informações claras e necessárias para o bom desenvolvimento econômico.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os gases do efeito estufa são danosos ao meio ambiente e apresentam uma variabilidade de emissão de um mês para o outro. Os principais gases causadores da formação do efeito estufa são medidos pela unidade dióxido de carbono equivalente, utilizada também para analisar as emissões geradas pelo gado de corte e fertilizantes. Em vista do que foi exposto, para compreender e quantificar as variáveis relacionadas às emissões de GEE na agropecuária brasileira, faz-se o seguinte questionamento a respeito do problema de pesquisa:

Qual a relação entre a emissão de dióxido de carbono e variáveis macroeconômicas na agropecuária brasileira?

## 1.2 TEMA DA PESQUISA

O tema desta pesquisa é analisar a emissão de dióxido de carbono equivalente e as variáveis macroeconômicas relacionadas à agropecuária brasileira.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Lyra e Guimarães (2009) apontam que a produção científica em ciências agrárias nacionais ainda é pequena comparada à necessidade de conhecimento e sua importância para o país. O aumento nas produções científicas pode sugerir novas alternativas de mitigação de GEE na agropecuária, auxiliando a produção animal, promovendo conhecimento e metodologias disponíveis aos pecuaristas.

Ressalta-se, como um exemplo da necessidade de conhecimento na área do estudo proposto, o fato ocorrido em 2004 com a pecuária de corte no Brasil, que exportava carne bovina para mais de 140 países, dos quais 56 fecharam suas portas após a ocorrência da febre aftosa, o que demonstra a importância dessa preocupação, seja por meio de investimentos científicos ou tecnológicos na produção animal, bem como a exigência de compreender as questões políticas governamentais. Ter ciência se o rebanho brasileiro é sustentável e se a população está preocupada com o efeito estufa, também gera efeitos sobre as exportações e sobre a economia do país, indicando, portanto, que cabe investir nos estudos sobre a produção animal voltados à sustentabilidade (SILVA, 2006).

O Observatório do Clima, formado por 40 organizações civis, destaca que 69% das emissões de gases do efeito estufa do país são originárias do setor agropecuário, de acordo com

balanço emitido em 2016. Nesses quase 70%, estão consideradas as poluições originárias do método digestivo dos rebanhos, do emprego de fertilizantes e do desmatamento para aumento da demanda de áreas para exploração econômica.

Portanto, é importante aprofundar a análise das emissões de gases do setor agropecuário para evidenciar se os índices emitidos estão dentro de um limite aceitável e evidenciar que os modelos econométricos são úteis para o desenvolvimento dessa técnica.

## 1.4 OBJETIVOS

Os objetivos traçados para este estudo são divididos em geral e específicos, ambos apresentados a seguir.

### 1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é investigar as relações existentes entre as emissões dos gases do efeito estufa (GEE) decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes e as variáveis de cunho macroeconômicos.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Visando atingir ao objetivo geral, estabeleceram-se como objetivos específicos do estudo:

- Selecionar variáveis de comportamento análogos e com mesmo grau de informação por meio da análise de *Cluster*;
- Determinar o grau de inter-relação entre as variáveis, em especial as emissões de GEE pelo gado de corte e fertilizantes por meio do modelo VAR;
- Analisar a trajetória do impulso-resposta entre as variáveis do setor agropecuário e analisar a influência das variáveis macroeconômicas para explicar o nível de emissões de GEE pelo gado de corte e fertilizantes na agropecuária brasileira.

## 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O estudo delimita-se a investigar as relações existentes nos setores da agropecuária brasileira, gado de corte e fertilizantes emissores de GEE, já que esses são os setores da agropecuária com maiores índices de emissões.

O setor agropecuário foi escolhido para este estudo por desempenhar um importante papel na economia do Brasil. A pecuária é um setor com crescimento constante em expansão territorial e econômico, englobando áreas de grande importância para a biodiversidade do país, desse modo, estudar um dos fatores ligados a esse crescimento, a emissão de GEE, é crucial (EMBRAPA, 2015a).

Os dados analisados foram extraídos no período de janeiro de 1997 a agosto de 2006 (Anexo A), e o método estatístico utilizado inicialmente é o *Cluster*, para que possa ser realizada a junção das variáveis em grupos de objetos com características mais homogêneas. Um limitante para a quantidade de variáveis nos modelos VAR é o número de observações disponíveis para a série analisada. No entanto, as variáveis de maior importância que, conforme estudos, influenciam diretamente a economia de um país e que foram as incluídas neste estudo são: valor *Free On Board* (FOB) das importações e exportações, Produto Interno Bruto e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, proporcionando uma conexão na ordem dos fatos para melhor entendimento do objetivo principal.

Capítulo 1 – Descreveu-se, nesse tópico, a introdução, o problema da pesquisa, o tema, a justificativa, os objetivos, a delimitação do tema e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Encontra-se a revisão de literatura, fundamentada com a base teórica do estudo. Os assuntos abrangidos na revisão de literatura são: a agropecuária brasileira e o potencial de produção de GEE, variáveis do setor da agropecuária brasileira (fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, solos agrícolas, animais abatidos, consumo de fertilizantes, emissões diretas, deposição atmosférica e lixiviação); variáveis macroeconômicas (valor *Free On Board* das importações e exportações, Produto Interno Bruto e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo); metodologia de *Cluster*, testes de estacionariedade, teste de causalidade de Granger, Modelos Autorregressivos Vetoriais (VAR), função impulso-resposta e decomposição da variância.

Capítulo 3 – Esse capítulo apresenta os materiais e métodos, com a classificação da pesquisa, a coleta de dados, os setores selecionados para o estudo e o fluxograma metodológico utilizado na pesquisa.

Capítulo 4 – Nesse capítulo serão apresentados os resultados e as discussões, por meio da apresentação e interpretação dos resultados da pesquisa, após a aplicação da metodologia. Será estruturado na forma de um artigo: “Modelos Autorregressivos Vetoriais nos Gases do Efeito Estufa da Agropecuária Brasileira”.

Capítulo 5 – Refere-se as considerações finais onde contém uma síntese dos principais resultados da pesquisa, demonstrando se as proposições citadas no início do estudo foram confirmadas. Pretendeu-se examinar se os objetivos propostos foram alcançados, bem como analisar se a abordagem metodológica utilizada neste estudo estava de acordo com a expectativa e com a realidade dos resultados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão de literatura é a etapa que apresenta o suporte teórico para a pesquisa. Esta etapa será dividida em itens, abordando os conceitos da agropecuária brasileira, variáveis do setor e variáveis macroeconômicas, metodologia de *Cluster*, testes de estacionariedade, teste de causalidade de Granger, Modelos Autorregressivos Vetoriais (VAR), função impulso-resposta, decomposição da variância e as considerações de estudo sobre o tema.

### 2.1 A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA E O POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE GEE

O aumento da concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa, criado por atividades humanas, está refletindo no clima global, por meio da retenção e desvio do calor excessivo produzido na superfície da terra, pelos gases dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>), entre outros (PRIMAVESI, 2007). A intensidade da utilização dos solos, a queima de resíduos agrícolas, a expansão da criação de ruminantes e o tratamento na forma líquida de dejetos animais são algumas das atividades agrícolas que cooperam para a emissão de gases do efeito estufa (GEE).

O efeito estufa ocorre porque a radiação solar, na forma de ondas curtas, que chega à terra, passa pela atmosfera, libera calor na superfície terrestre, e parte dessa radiação retorna novamente como calor para a atmosfera, que é bloqueado por alguns componentes químicos gasosos e, dessa maneira, ativa a sua fixação nas camadas mais baixas da atmosfera. Esse fenômeno natural é importante para manter a temperatura, estimada dentro dos limites aceitáveis à vida no planeta Terra (BUDDLE et al., 2011).

A produção de GEE é complexa, pois as mudanças sofridas pela matéria orgânica são diversas, além de haver fontes variadas. Estudar a agropecuária como fonte de emissão de GEE é uma demanda que envolve desde o setor agropecuário, em específico, a criação de gado, até as mudanças de uso da terra, no caso do consumo de fertilizantes, tornando-se uma possibilidade de estudo amplo e variado (MOURA, 2010).

Nesse sentido, para a análise dos trabalhos sobre a quantificação de gases, focou-se nas emissões provenientes da pecuária de corte, com ênfase na fermentação entérica e dejetos produzidos por animais, e no consumo de fertilizantes, como adubos nitrogenados. Esses objetos são caracterizados a seguir.

### 2.1.1 Emissões na Pecuária de Corte

Na agropecuária brasileira, o setor que gera o volume maior de GEE, em específico o metano ( $\text{CH}_4$ ), é a bovinocultura. Esse gás foi descoberto em 1668 por Alexandre Giuseppe Volta, é um gás composto, inodoro e incolor, formado pelas moléculas tetraedro e apolar, ou seja, pouco solúvel em água, e na presença de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), transforma-se em uma mistura explosiva (SAFFIOTI, 1968; VIEIRA; ZOTTI, PAULINO, 2010).

Conforme Ferraz & Felício (2010) e Monteiro et al. (2018), quanto maior for o crescimento e desenvolvimento do animal, menor será a emissão de  $\text{CH}_4$ , em virtude da redução na quantidade de animais no processo de produção. Assim, os criadores buscam a produção de carne, o aumento do desempenho dos animais e a deriva na redução do tempo de vida, reduzindo também a geração do gás durante sua sobrevivência.

A adoção de procedimentos tecnológicos para aprimorar o desempenho animal agrega indiretamente valor ao produto carne, pelo aspecto ambientalista e sustentável.

### 2.1.2 Emissões no Consumo de Fertilizantes

O óxido nitroso liberado no meio ambiente possui ligação direta com a demanda de nitrogênio aplicado e com o manejo do solo. A nitrificação e desnitrificação são reações determinantes para a quantidade de  $\text{N}_2\text{O}$  emitido para atmosfera (EMBRAPA, 2015b).

O consumo de fertilizantes possui uma relação direta às emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , em especial o consumo dos nitrogenados. No mundo, o Brasil está na 4ª posição do *ranking* dos países consumidores de fertilizantes, os três primeiros colocados são: China, Índia e Estados Unidos. A utilização de nitrogênio pelos brasileiros cresceu de 800 mil toneladas na década de 90 para 3,87 milhões de toneladas no ano de 2014 (ANDA, 2015).

## 2.2 VARIÁVEIS DO SETOR DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

O segmento agrícola é uma das áreas com mais tempo de existência e mais bem constituída no Brasil. É a matéria que reflete no setor agrícola e no impacto com os demais setores da economia. É um setor que, a cada estudo desenvolvido, agrega informações que auxiliam no desenvolvimento do mercado nacional, colaborando com o importante crescimento do setor agrícola, somado ao risco e às incertezas, acrescentando informações para a tomada de decisões (MOURA, 2010).

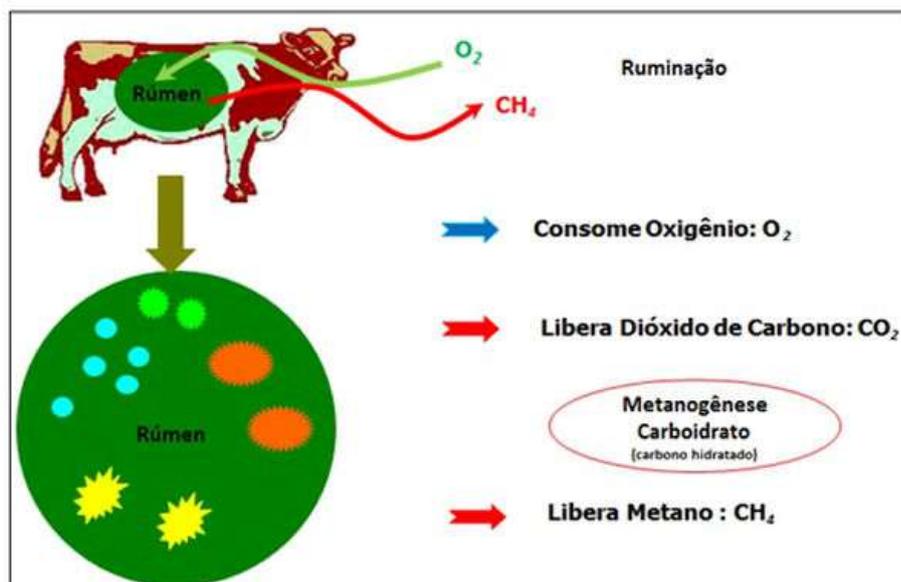
As variáveis da agropecuária partem da análise da produção e do consumo para tentar explicar o comportamento mais detalhado da agricultura, diferente das variáveis macroeconômicas que buscam esclarecer o comportamento dos índices desse setor, como um todo, a partir do cenário econômico em que se encontra (MARÉCHAL; AUBARET-JOACHAIN; LEDANT, 2008).

### 2.2.1 Fermentação Entérica

Dentre as principais fontes de emissão de GEE, destaca-se a pecuária, encarregada por 25% da emissão da totalidade desses gases. O metano representa entre 30% e 50% da totalidade de GEE emitidos, sendo os sistemas de produção de ruminantes considerados a fonte fundamental em emprego da fermentação entérica, correspondendo a em torno de 80% das emissões de metano no mundo (BUDDLE et al., 2011).

O processo de digestão dos ruminantes é a fermentação entérica, costume dos mamíferos herbívoros que, após engolir os alimentos, regurgitam-nos para a boca, onde são novamente mastigados, ou seja, ruminados e engolidos, emitindo o metano. Isso acontece de forma anaeróbica, que é a modificação de carboidratos existentes no material ingerido em ácidos graxos que, ao término do processo, resultarão em  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , conforme a Figura 1. Além de ser considerado um GEE, o metano ruminal é uma maneira de verificar a perda de energia metabólica dos animais (ANUALPEC, 2010).

Figura 1 - Diagrama da emissão do metano entérico pelo gado



O nível da emissão de metano é condicionado à característica do animal, depende da quantidade e grau da digestão, da massa digerida e da sua demanda física. O metano é gerado no rúmen por um grupo especializado de bactérias que pertencem ao domínio *Archaea* (JANSSEN; KIRS, 2008). Porém, além da complexa e diversa microbiota ruminal que compõe o gênero *Archea*, acredita-se que mais micro-organismos são capazes de ter uma força sobre a produção de metano (ATTWOOD et al., 2008).

Conforme citado, a amplitude da emissão de metano está sujeita ao tipo de animal e depende da porção e nível de digestibilidade da massa digerida e da força ao qual o animal se submete. A emissão de metano oscila entre 4% e 9% da energia bruta do mantimento engolido, em média, 6%. A produção desse gás varia de acordo com a porção e a qualidade do mantimento digerido, as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais sugerem elementos distintos de sua emissão (USEPA, 1989).

Os ruminantes nos trópicos e subtropicais conhecem flutuações sazonais na qualidade das pastagens e no suplemento de alimentos. Isso acontece em decorrência de um padrão sazonal de ganho de peso na época úmida e redução de peso na época seca, que começa por volta dos 3,5 anos de idade, dependendo das condições climáticas e do tipo de solo. Alguns agentes encontraram princípios médios de taxas de digestibilidade de matéria seca de gramíneas e leguminosas tropicais, em 54% e 57%, mutuamente (POPPI; MCLENNAN, 1995).

As emissões de metano podem sofrer variações significativas de um país para outro, ou até mesmo de uma região para outra, dependendo de diversos fatores, como: características climáticas e agrícolas de produção, tipos de energia e uso de métodos de gestão de resíduos (USEPA, 1989).

## **2.2.2 Manejo de Dejetos de Animais**

Os ruminantes são os principais emissores de metano, em razão da sua fermentação entérica. Ademais, dependendo do método de formação e manejo dos dejetos gerados pelos animais, o metano oriundo da fermentação anaeróbia desse substrato pode ser declarado uma fonte extra de emissão do gás (BRASIL, 2000).

Os dejetos podem ser definidos como o grupo que envolve as fezes, urina, água de higienização, água desperdiçada dos bebedouros e resíduos de ração, decorrentes do método de criação. Os animais mantidos em confinamento, em suas diversas fases de desenvolvimento, geram um considerável volume de dejetos no mesmo local e, na maioria das vezes, estão em

um número grande de animais na mesma área, aumentando o potencial de emissão de metano (DOMINGUES; LANGONI, 2001).

O coeficiente básico, condicionante da origem de metano a partir dos dejetos dos animais, está ligado ao tipo de controle empregado para seu transporte, estocagem e destino. Os dejetos manipulados sob condições anaeróbias assumem uma fundamental fonte de irradiação (USEPA, 1989), e os animais mantidos em confinamento são considerados os principais fornecedores de metano oriundo dos dejetos, que são manipulados como líquidos e estocados em lagoas, charcos ou tanques. Segundo Pereira (1992), uma vaca com peso de 600 kg elimina, por dia, o equivalente a 9% de seu peso; desses dejetos, 60% são fezes com teor de 85% de água.

Objetivando elevar a produtividade, muitas fazendas aumentam o agrupamento de animais na mesma propriedade, resultando no crescimento da produção de dejetos, ultrapassando a capacidade de absorção do solo e das plantas na mesma área. Logo, deixa de ser uma possível prática de fertilização para se tornar um descarte. Assim que ocorrer uma chuva forte, esses dejetos escorrem podendo alcançar algum curso d'água (POHLMANN, 1998).

De acordo com Cotton e Pielke (1995), o metano, além de ser definido como um gás fundamental na ação do efeito estufa, contribui com mais ou menos 15% para o aquecimento global.

### **2.2.3 Solos Agrícolas**

Os solos agrícolas também contribuem para as emissões, por meio das suas atividades, utilizando o adubo animal, os restos de culturas agrícolas e os fertilizantes sintéticos. O estudo de Santos (2012) demonstra que a substituição do fertilizante químico evitou grande quantidade de emissões, representando cerca de 80% do total mitigado. Isso se deve ao fato de os fertilizantes químicos emitirem grande quantidade de GEE no seu processo produtivo.

A crescente emissão de  $N_2O$  no espaço vem sendo estudada como um dos fatos originários do crescimento das adições de fertilizantes nitrogenados sintéticos aos solos agrícolas, assim como o nitrogênio oriundo de resíduos animais, da cogitação de solos orgânicos e da fixação biológica de nitrogênio aumentada de minerais por meio da matéria orgânica adicionada é uma fonte de poluição decorrente da atividade humana de óxido nitroso, conhecida também como fonte antrópica (IPCC, 2007).

A emissão de  $N_2O$  dos solos advém principalmente como consequência da desnitrificação, inicialmente por nitrogênio mineral (N), que versa na diminuição microbiana do nitrato ( $NO_3$ ) a formatos intermediários de N e, então, no formato gasoso, que são rotineiramente liberados na atmosfera.

O  $N_2O$ , em sua produção, poderá variar pelo tipo de manejo a que o solo estará sujeito. Os procedimentos de menor sustentabilidade ambiental, por exemplo, tem refletido consideravelmente em danos ao solo, por meio do carbono. Essa menor sustentabilidade, por ser demonstrada pela aração em excesso, desmatamentos e gradeação, deixa os solos sujeitos à erosão e à compactação, por estarem expostos, gerando uma redução nos níveis da matéria orgânica no solo.

Ainda, outros fatores, como a utilização inadequada de fertilizantes, a combustão de sobras de culturas e a utilização intensiva dos solos colaboram para o crescimento das perdas de matéria orgânica (EMBRAPA, 1999).

#### **2.2.4 Animais Abatidos**

Segundo estudo publicado na Revista Brasileira Saúde Produção Animal por Amaral (2012), com a utilização de animais de alta potencialidade genética, torna-se provável superestimar o ganho de peso, conquistar maior capacidade de corpo e precocidade de corte.

Uma meta a ser atingida pela área da zootecnia é reduzir a eliminação de metano por kg do peso do animal vivo, com o desenvolvimento do ganho de peso diário, que resultará da intensificação dos processos de produção. Com essa aceleração do desenvolvimento, o animal alcançará o peso de corte em idade mais jovem, reduzindo seu ciclo de vida, resultando em menos  $CH_4$  por kg de peso visível ou por kg de carne bovina produzida.

Dessa forma, a procura por sistemas de produção eficientes, que reduzam a irradiação de gases de resultado estufa, por elemento de produto, vem sendo uma das cenas da pecuária mundial. Essas cenas estão relacionadas a melhor utilização do alimento e à diminuição da idade de abate (BEAUCHEMIN et al., 2008).

#### **2.2.5 Consumo de Fertilizantes**

A Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) indica, por meio de relatórios, que em 1990 a utilização de fertilizantes nitrogenados era de 780 milhões de toneladas, passando em 2000 para 1,670 milhões, chegando em 2012 a um volume de 3,435 milhões de

toneladas. Nesse mesmo ano, os fertilizantes nitrogenados contribuíram com 7% das emissões de GEE nas mudanças climáticas, demonstrando um acelerado crescimento. As culturas brasileiras que mais consomem fertilizantes nitrogenados por ano são o milho, a cana-de-açúcar, o café, o arroz e o trigo. No caso da soja, o fertilizante hidrogenado é utilizado em quantidades pequenas, em especial na fase da semeadura, no entanto, por ser um tipo de leguminosa, o nitrogênio é fixado durante o seu longo desenvolvimento, dispensando aplicações extras ao longo do seu ciclo. Já as gramíneas, como milho e cana-de-açúcar, fazem parte de estudos sobre as bactérias que fixam o nitrogênio. Com isso, será possível amenizar as aplicações de fertilizantes nessas culturas ou mesmo reforçar sua produtividade sem o crescimento do uso desse insumo (IMAFLOA, 2014).

### **2.2.6 Emissões Diretas**

O cálculo de emissões efetuado no Inventário Brasileiro e as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) estabelecem as divisões do setor agropecuário entre os subsetores, o uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura, atividades relacionadas à produtividade animal e orgânica e o uso de dejetos animais.

A Figura 2 detalha a soma das emissões totais da agropecuária: emissões diretas vinculadas à produção, emissões provenientes do desmatamento causado pela expansão do agronegócio, emissões relacionadas ao uso de combustíveis fósseis na agricultura e emissões resultantes do tratamento de efluentes industriais.

Nessa lógica, o impacto completo da agropecuária brasileira pode alcançar 63% do valor total das emissões nacionais, o que equivale a 939 MtCO<sub>2</sub>e para o ano de 2012.

Figura 2 - Emissões diretas e indiretas provenientes da agropecuária em 2012



Fonte: Observatório do Clima; Imaflora (2014)

### 2.2.7 Deposição Atmosférica

As deposições atmosféricas são passagens de gases, líquidos e sólidos, através da interface atmosfera, formando um dos fundamentais mecanismos de ciclagem e redistribuição dos vários componentes químicos sobre a superfície do planeta, desempenhando, desse modo, um papel importante nos processos químicos (SOUZA et al., 2006). Representam um importante mecanismo de remoção de compostos de nitrogênio, bem como de outros poluentes do ar para a superfície terrestre e subdividem-se em deposição úmida e seca. A deposição seca é a absorção dos poluentes, como fertilizantes na superfície do solo, na água ou vegetação. Já a deposição úmida ocorre na remoção dos poluentes por hidrometeoros (gotículas de nuvem, gotas de chuva, cristais de gelo, neve, etc).

Dessa forma, as informações quantitativas e qualitativas das deposições atmosféricas são relevantes para a compreensão dos ciclos dos dados e da influência das atividades antrópicas, uma vez que a poluição do solo é um assunto importante, não só pelas muitas funções que exercem, mas também pelo seu conceito como um “commodity” econômico, isto é, possui um valor econômico próprio.

No momento em que um poluente alcança a superfície do solo, ele pode ser absorvido nas águas do escoamento superficial ou lixiviado pelas águas de infiltração, até as camadas inferiores e atingindo as águas subterrâneas. Uma vez alcançando as águas subterrâneas, esse poluente será então distribuído para outras regiões por meio do fluxo dessas águas.

### 2.2.8 Lixiviação

Encontramos, no Brasil, vários tipos de solo, alguns férteis outros não tão férteis ou com uma acidez elevada, necessitando de fertilizantes, aplicação de adubos e corretivos químicos para produzirem adequadamente. Os solos do Brasil sofrem outros problemas peculiares, como a lixiviação, que é o processo da água da chuva que escorre ou que infiltra no solo no sentido do lençol freático, movimentando os materiais solúveis da matriz do solo.

A utilização de fertilizantes sintéticos, resíduos de colheita e esterco de animal na atividade agrícola gera a incorporação de nitrogênio ao solo. Essa incorporação pode ocorrer pelo processo de nitrificação e desnitrificação por meio das bactérias no solo ou esterco decomposto. Já o crescimento da formação de  $N_2O$  na água gera as emissões indiretas, resultando em um processo de lixiviação, conceituado por Santos (2012) como a erosão de solos agrícolas com lavagem de nutrientes, conforme Figura 3.

Figura 3 – Erosão de solos agrícolas com lavagem de nutrientes



Fonte: Meio Ambiente Técnico (2013)

São poucos os dados científicos sobre produção de GEE que refletem nos solos agrícolas, e as informações disponíveis nos experimentos realizados em diversos países são base para formulação de conceitos teóricos. A emissão de óxido nitroso pelo solo é variável no tempo e espaço, com a quantidade de utilização de fertilizantes e número de animais em pastejo (LI; KELLIHER, 2005; PATTEY; TRZCONSKI; DESJARDINS, 2005), ainda os resíduos de colheita como palhas, cascas e estrume representam também um grande potencial de emissão de GEE (LIEBIG; KRONBERG; GROSS, 2008).

## 2.3 VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS

De acordo com Vasconcellos (2015), a teoria econômica oferece ao administrador financeiro uma visão ampla das políticas de Governo e instituições privadas, por meio de índices determinados por esses órgãos. Para realizar estudos com informações econômicas, utilizam-se índices econômicos, como valor das importações e exportações, Produto Interno Bruto, Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, dentre outros (CARVALHO; SILVA, 2008).

A área agrícola conta com características bem particulares, raramente encontradas em outros setores econômicos, e que determinam a forma como o agronegócio interliga-se com os demais setores da economia. Os preços agrícolas são mais maleáveis do que dos demais setores, qualquer interferência neles refletem diretamente na inflação, tanto de forma negativa, quanto positiva. Por isso, a terra é chamada de uma espécie de valor, se a inflação cresce, o valor da terra também cresce.

Com o intuito de englobar todos os mercados que compõem a economia, a escolha das variáveis acompanhou a mesma escolha dos critérios sugeridos por San-gasoongsong et al. (2012), ou seja, variáveis que causam mudanças no setor agropecuário, que afetam o processo de venda dos produtos e que demonstram a economia brasileira.

### 2.3.1 Valor FOB das Importações e Exportações

Quando estudam-se as variáveis e dentre elas tem-se os índices econômicos de áreas que exportam seus produtos, como a agricultura, tem-se a necessidade de incluir a variável que expressa o último custo do produtor, o frete, que neste estudo foi o FOB.

A sigla FOB, abreviatura de *free on board*, em português é traduzida como “livre a bordo”. É um tipo de frete em que o cliente assume os riscos e os custos com o transporte do

produto, a contar do momento em que ele é colocado a bordo do transporte. A responsabilidade de colocar a mercadoria no transporte, no local determinado pelo cliente, é por conta e risco do fornecedor. Há até as variações FOB Fábrica, quando o comprador retira a mercadoria na fábrica, e FOB Cidade, usada quando o vendedor leva o produto até a transportadora indicada pelo cliente.

### **2.3.2 Produto Interno Bruto**

A utilização do Produto Interno Bruto (PIB) para análises econômicas é considerada necessária nas diferentes regiões do Brasil, pois esse índice pode refletir, aos governantes de políticas públicas, a real situação econômica, ponto fundamental para um planejamento adequado (ARAÚJO NETO; COSTA, 2005).

De acordo com Furtuoso e Guilhoto (2003), o PIB age como um dos principais elementos de estudo, base para formadores de políticas econômicas, tanto na esfera pública, quanto na privada, por se tratar de um indicador econômico indispensável.

Estudo de Sachs e Larrain (2000) reforça que o PIB é o valor que possui as informações completas da fabricação de produtos e serviços finalizados por ano e até mesmo por trimestre, no Brasil. Ainda, para Gastaldi (2005), esse indicador pode ser considerado o valor dos bens e serviços que são fabricados no Brasil, em um ano, porém considerando preços correntes de mercado.

O PIB pode ser considerado o resultado dos diversos elementos e atividades econômicas, até mesmo o capital humano, o mercado financeiro, os imóveis ou qualquer mercado com peso na economia (ARAÚJO; FAJARDO; TAVANI, 2006).

### **2.3.3 Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**

O Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (SNIPC) produz, por meio de sistemas, o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), que tem por objetivo medir a inflação relativa ao consumo das famílias, de um grupo de produto e serviços comercializados no varejo. Criou-se a faixa de renda, para que esse consumo contemple quase 100% das famílias incluídas nas áreas urbanas de cobertura do Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor (IBGE, 2019).

A coleta do IPCA é realizada do primeiro ao último dia do mês de referência, em estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, concessionária de internet e serviços

públicos. A renda da população envolvida nesse índice é de 1 a 40 salários mínimos dos residentes em regiões urbanas do SNIPC (IBGE, 2018).

O IPCA é empregado para fornecer uma medida oficial da inflação do país, pelo Banco Central. Ele é utilizado pelo governo como parâmetro para verificar se a meta determinada para a inflação está dentro da prevista (SCHWARTZMAN, 2006).

Após o entendimento de quais são as variáveis estudadas, é necessário também compreender quais possuem características homogêneas e heterogêneas. Essa distinção e classificação é obtida por meio da Análise de *Cluster*.

## 2.4 ANÁLISE DE *CLUSTER*

A análise de agrupamento consiste em uma técnica estatística que possibilita a criação de agrupamentos de variáveis, de acordo com as afinidades apresentadas por elas em relação a algum critério de escolha, determinado previamente pelo pesquisador. O objetivo dessa análise é classificar um número pequeno de grupos que possuam características de ser homogêneas internamente, heterogêneas entre si e mutuamente excludentes (HAIR JR; ANDERSON; BLACK, 2005).

Pode-se utilizar esse agrupamento de dados para os seguintes objetivos: classificar e tipificar um grupo, gerar hipóteses por meio da análise dos dados, elaborar planos conceituais sobre os grupos analisados e avaliar se a maneira como os outros métodos classificam-se é verdadeiramente a melhor (ALDENDERFER; BLASHFIELD, 1984). Anteriormente o estudo de agrupamento era exclusivo de um grupo distinto de pesquisadores. Porém, o crescimento tecnológico e computacional ajudou a realização da análise de *Cluster*, especialmente no cálculo das distâncias entre variáveis, conquistando espaço em diversas áreas de estudo: psicologia, sociologia, antropologia, biologia, dentre outros.

Neste estudo utiliza-se o método hierárquico, pois não se tem anteriormente a informação sobre o número de grupos que serão formados após o aproveitamento da análise de *Cluster*. No método hierárquico, os dados amostrais são agrupados em diversos níveis até obter-se um dendrograma. Para a realização das técnicas de aglomeração, é necessário definir o tipo de medida de dissimilaridade que será empregada, distância euclidiana ou distância generalizada de Mahalanobis. Para a dissimilaridade, define que, quanto maior o valor observado, menor será a semelhança, ou seja, mais dissimilares serão as variáveis.

A distância euclidiana é a métrica mais conhecida, é basicamente a distância geométrica no espaço multidimensional. Já Mahalanobis é uma medida importante para determinar quanto

uma amostra de variáveis conhecida e uma desconhecida são similares, diferente da euclidiana, que não depende da escala de medidas (TABACHNICK; FIDELL, 2013).

Os métodos de ligação que integrarão o estudo serão: vizinho mais próximo, centróide e *Ward's*. Depois da realização da análise de *Cluster*, serão realizados os testes de estacionariedade, pois, para determinar o modelo VAR, todas as variáveis devem ser estacionárias em nível ou posteriormente à aplicação de diferenças.

## 2.5 TESTES DE ESTACIONARIEDADE

Para ajustar um modelo VAR, é necessária a verificação da estacionariedade das séries. Para isso, devem-se realizar testes de raízes unitárias (SA-NGASOONGSONG et al., 2012). Serão utilizados os testes Augmented Dick-Fuller – ADF (DICKEY; FULLER, 1981; SAID; DICKEY, 1984); Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin – KPSS (KWIATKOWSKI et al., 1992) e Phillips e Perron – PP (PHILLIPS; PERRON, 1988). Para a obtenção de resultados mais apurados sobre o nível de estacionariedade dos dados, é recomendável utilizar os dois testes em conjunto. Se os testes mencionados anteriormente indicarem a presença de raiz unitária, a série será não estacionária (SA-NGASOONGSONG et al., 2012).

Uma maneira de modificar um processo não estacionário homogêneo em estacionário é por meio de diferenças contínuas, até encontrar a série estacionária.

O teste ADF avalia sempre os resíduos como ruído branco, não considerando todas as defasagens imprescindíveis. No ADF, para que a série seja estacionária e a hipótese nula,  $H_0: \rho = 0$  deve ser rejeitada, ou seja,  $T_{\text{calculado}} > T_{\text{crítico}}$ , ou ainda,  $T_{\text{calculado}} < T_{\text{crítico}}$ , aceita-se a hipótese a  $H_0$ , ou seja, a série possui raiz unitária, portanto é não estacionária.

Desse modo, ainda pode ser realizado outro teste para confirmar a estacionariedade, o Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin – KPSS, por possuir a hipótese nula inversa aos testes ADF e PP, em que  $H_0: \rho = 0$  deve ser aceita para a estacionariedade da série.

Outro teste muito utilizado é o Phillips e Perron – PP, pois, diferente do ADF e do KPSS, esses testes implicam que o resíduo tenha ruído branco. Ele ainda analisa se há uma quebra na estrutura da série (modificações no intercepto ou na inclinação da série), caso ocorra, ela é não estacionária. A análise do teste ADF será a mesma para o teste PP, ou seja, a série é estacionária caso a hipótese nula  $H_0$  seja rejeitada, ou seja,  $T_{\text{calculado}} > T_{\text{crítico}}$ , ou ainda,  $T_{\text{calculado}} < T_{\text{crítico}}$ , deve-se aceitar a hipótese  $H_0$ , a série possui raiz unitária, comprovando a não estacionariedade (MONTGOMERY; JENNINGS; KULAHCI, 2015).

A não estacionariedade das séries temporais estudadas implicará a inserção de diferenças nas séries até deixá-las estacionárias (SANTOS, 2009). Definidas as estacionariedades, há necessidade de verificar qual variável causa a outra, por meio do teste de causalidade de Granger, que verificará a direção de causalidade entre as variáveis.

## 2.6 TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER

O teste desenvolvido por Clive William John Granger (1986), que determina qual variável é apropriada para melhorar a previsão da outra variável, busca analisar a relação entre as séries e, dessa forma, possibilita compreender a transmissão dos efeitos entre as variáveis. Caso não haja relação, se o valor do coeficiente for aproximadamente igual a 0, a série pode ser retirada, pois não contribuirá para a melhoria do modelo. Dessa maneira, é possível ordenar as variáveis das mais exógenas para as menos exógenas. As equações (1) e (2) utilizadas para o teste de causalidade de Granger são demonstradas a seguir:

$$\Delta X_t = \alpha_x + \sum_{i=1}^k \beta_{x,i} \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{x,i} \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_{x,t} \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_y + \sum_{i=1}^k \beta_{y,i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{y,i} \Delta X_{t-i} + \varepsilon_{y,t} \quad (2)$$

A aplicação da primeira diferença nas séries é representada por  $\Delta X_t$  e  $\Delta Y_t$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  são os coeficientes da regressão, e  $\varepsilon_t$ , o erro aleatório. Granger (1986) afirma que as relações de causalidade são divididas em: causalidade unilateral de  $\Delta Y_t$  para  $\Delta X_t$ ; causalidade unilateral de  $\Delta X_t$  para  $\Delta Y_t$ ; bicausal/simultâneo e sem causalidade.

Na equação (1) são calculados os coeficientes defasados para a variável, ocorrendo a causalidade unilateral de  $\Delta Y_t$  para  $\Delta X_t$ . Já os coeficientes calculados na equação (2) para o valor de  $\Delta X_t$  devem ser zero, ou seja,  $\sum_{i=1}^k \gamma_{y,i} = 0$ .

A causalidade unilateral de  $\Delta X_t$  para  $\Delta Y_t$  acontece se os coeficientes calculados na equação (1) para o valor de  $\Delta Y_t$  assumem o valor zero,  $\sum_{i=1}^k \gamma_{x,i} = 0$ . Ainda, na equação (2), os coeficientes calculados para o valor de  $\Delta X_t$  devem ser simultaneamente diferentes de zero,  $\sum_{i=1}^k \gamma_{y,i} \neq 0$ .

No entanto, se os dois coeficientes defasados nas equações (1) e (2) forem zero, a semelhança entre elas será de bicausalidade ou simultaneidade diferente de zero, ou seja,  $\sum_{i=1}^k \gamma_{x,i} \neq 0$  e  $\sum_{i=1}^k \gamma_{y,i} \neq 0$ , pode-se afirmar que não há causalidade entre as variáveis.

Se ocorrer causalidade da variável  $\Delta X_t$  para  $\Delta Y_t$ , conclui-se que alterações na variável  $\Delta X_t$  gerarão modificações na série temporal de  $\Delta Y_t$ . da mesma maneira que, se ocorrer causalidade da variável  $\Delta Y_t$  para  $\Delta X_t$ , modificações em  $\Delta Y$  irão interferir em  $\Delta X_t$ . No entanto, se gerar uma bicausalidade ou simultaneidade, modificações em  $\Delta X_t$  provocarão alterações em  $\Delta Y_t$  e vice-versa. Pode-se dizer que alterações em  $\Delta X_t$  não causam alterações em  $\Delta Y_t$ , nem  $\Delta Y_t$  em  $\Delta X_t$ , se no teste for comprovada a não causalidade.

Posteriormente à causalidade de Granger e à verificação da estacionariedade das séries, torna-se possível ajustar um Modelo Autorregressivo Vetorial (VAR) que mostre o inter-relacionamento entre as variáveis estudadas.

## 2.7 MODELOS AUTORREGRESSIVOS VETORIAIS (VAR)

Os modelos VAR se originaram nas décadas de 1950 e 1960, quando a chamada multi-equação dos modelos estruturais eram muito conhecidas. No entanto, nessa época, era tratada como uma corrente de dúvida. Foi então que o conceito de vetor autorregressão nasceu. O ano de 1980 é tratado como o início do conceito VAR (MENTEL, 2013).

Para Sims (1980), cada variável é explicada por sua defasagem e a de todas as outras do sistema. O VAR é representado pela equação (3):

$$Y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B x_t + \epsilon_t \quad (3)$$

Sendo  $y_t$ , representa um  $k$  vetor das variáveis endógenas,  $x_t$  é o  $d$  vetor de variáveis exógenas,  $A_1$  até  $A_p$ , bem como  $B$  representam as matrizes de coeficientes que serão estimados, e  $\epsilon_t$  é um vetor de inovações (ruído branco).

Ainda na fase de verificação, a apreciação do modelo versa sobre constatar os menores valores para os critérios *Akaike Information Criterion* – AIC (AKAIKE, 1974), *Bayesian Information Criterion* – BIC (SCHWARZ, 1978) e *Hannan-Quinn information criterion* – HQ (HANNAN; QUINN, 1979), uma vez que esses critérios têm por finalidade demonstrar o modelo mais adequado, ou seja, o que obtiver a menor resposta será o selecionado. O modelo que oferecer o menor valor de AIC, BIC e HQ será o que ajustará melhor os dados (LIMA JUNIOR et al, 2013). As equações 3, 4 e 5 apresentam os critérios AIC, BIC e HQ, que são obtidos:

$$AIC(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{2}{T} p n^2 \quad (4)$$

$$BIC(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{\ln T}{T} pn^2 \quad (5)$$

$$HQ(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{\ln (\ln T)}{T} 2pn^2 \quad (6)$$

Utiliza-se o teste *Wald*, que indica a melhor ordem de defasagem que possa capturar as relações entre todas as variáveis que fazem parte do modelo. Ainda, por meio desse teste, se estuda se as defasagens que serão utilizadas no modelo possuem significância próxima.

Quando utilizada uma amostra com um número pequeno de observações, recomenda-se a utilização do critério AIC, e, no caso de a amostra possuir um número maior de observações, o critério BIC apresenta-se como um melhor critério penalizador (SOBRAL; BARRETO, 2011).

Ainda, a estimativa do impacto pode ser realizada após a aplicação de um choque na estrutura da série. Esses choques são alterações em termos de desvios padrões atribuídos nas inovações ou nos resíduos. O comportamento desses choques é expresso nas séries endógenas do modelo após ser submetido a choques derivados das variáveis residuais, por meio da função impulso-resposta (MAYORGA et al., 2007).

## 2.8 FUNÇÃO IMPULSO-RESPOSTA

A função impulso-resposta é utilizada para determinar o modelo VAR, para analisar o comportamento de cada variável, após o choque. Esse choque refere-se ao aumento ou à queda no valor de cada índice das ações em estudo, assim, será possível verificar a influência de cada variável na formação do índice da outra. A análise da função impulso-resposta demonstra o horizonte do tempo do resultado dos choques das demais variáveis no modelo VAR sobre uma determinada variável (ENDERS, 1995).

Para Enders (1995), a simulação de choques sobre as equações enseja o conceito de uma inovação, comprometendo uma das séries e, assim, aceita analisar os seus efeitos de curto prazo sobre as demais variáveis do sistema. Se inserido um choque de um período em uma variável endógena, será determinada a resposta ao impulso. Desse modo, insere-se a<sub>1</sub> a um desvio padrão no tempo t=0 (o choque é sustentado para um só período e, desse modo, é um "impulso").

O choque será determinado por meio do modelo, refletindo em todas variáveis, à medida que a variável endógena que sofreu o choque afete as outras variáveis endógenas (ZIVOT; WANG, 2005).

## 2.9 DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

Para Hendry (1996), as inovações ocorridas no processo podem ser identificadas, e outro instrumento pode ser empregado para interpretar modelos VAR, por meio da decomposição da variância do erro de previsão, ferramenta essa que informa a proporção de movimentos de uma série que é gerada pelos choques nela mesma, contra os choques de outras variáveis.

Segundo Santos, Wolff e Souza (2013), o mecanismo utilizado para demonstrar a dinâmica do sistema na abordagem VAR é a decomposição da variância do erro de previsão, que torna possível, por esse método, identificar o tamanho da variação total de uma variável devido a cada choque individual nas  $k$  variáveis elementos do modelo.

A decomposição variância do erro de previsão e a função resposta a impulso oferecem a mesma informação, apesar de graficamente serem exibidas de maneiras distintas (DIEBOLD, 2004). Desse modo, a decomposição da variância tem como objetivo mensurar a parcela que cada choque reflete nas variáveis endógenas do modelo.

Com base na teoria exposta anteriormente, busca-se esclarecer de que forma será o procedimento de análise de *Cluster* e como os modelos VAR serão aplicados para cumprir os objetivos propostos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta etapa é abordado o tipo de pesquisa utilizada no estudo, como foi realizada a coleta de dados e como ela foi desenvolvida para atingir os objetivos propostos. Conforme Marconi e Lakatos (2018), a realização da pesquisa é uma atividade para averiguação de um problema teórico e prático, aplicando-se métodos científicos.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente é realizada uma pesquisa bibliográfica, para um melhor entendimento do que já foi produzido sobre o assunto. Esse tipo de pesquisa ajuda a compreender se o entendimento de um problema pode ser adquirido por meio dele, ou se também é necessário o conhecimento da premissa do estudo que se sugere analisar e resolver. Ainda, a pesquisa bibliográfica, pode ser considerada como o primeiro passo de qualquer pesquisa científica (MARCONI; LAKATOS, 2018).

O estudo, quanto à abordagem, é classificado como uma pesquisa quantitativa, pois utiliza dados que serão quantificados por meio de uma abordagem estatística. A metodologia quantitativa é baseada na teoria estatística da probabilidade, pois permite estabelecer em números a quantidade de acertos de determinada análise, além da margem de erro. Esse tipo de análise fundamenta a conclusão da pesquisa, por meio da comprovação numérica, mediante a experimentação e a observação (GIL, 2008).

De acordo com Gil (2010), quanto aos objetivos, a pesquisa é explicativa e descritiva, pois tem como objetivo gerar e mencionar hipóteses sobre o problema estudado. Esse tipo de pesquisa objetiva oferecer maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais claro ou a criar hipóteses. Ainda, o mesmo autor ressalta que o estudo descritivo tem como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno.

A dissertação é apresentada em formato de artigo, no qual será determinado um modelo VAR com os dados das emissões de gases do efeito estufa (GEE) na agropecuária brasileira.

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Neste estudo foram utilizadas variáveis do setor da agropecuária brasileira (fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, solos agrícolas, animais abatidos, consumo de fertilizantes, emissões diretas, deposição atmosférica e lixiviação); variáveis macroeconômicas

(valor *Free On Board* das importações e exportações, Produto Interno Bruto e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). O período escolhido para análise é de janeiro de 1997 a agosto de 2006. Nesse período obteve-se um total de 116 observações mensais.

Os dados do setor agropecuário, mais precisamente as emissões de gases do efeito estufa (GEE), foram retirados do *site* [www.monitoragropecuario.seeg.eco.br](http://www.monitoragropecuario.seeg.eco.br), página do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG). O Monitor Agropecuário é um instrumento para obtenção de informações qualificadas e com atualização mensal, das emissões diretas de gases do efeito estufa (GEE) oriundas da produção de carne (corte) e do consumo de fertilizantes, duas destacadas fontes de emissões da agropecuária brasileira.

Os econômicos, valor FOB das importações e exportações e Produto Interno Bruto, foram extraídos do *site* [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br), já o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo, do *site* [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). As fontes de busca das variáveis apresentam dados mensais, que serão tratados estatisticamente, e as estimações das equações serão realizadas no *software* econométrico *EViews* (versão 9.0).

As variáveis foram abreviadas para facilitar a utilização no programa *EViews*. No Quadro 1, seguem as abreviações com as definições e unidades apresentadas.

Quadro 1 – Descrição das variáveis da agropecuária brasileira e variáveis macroeconômicas

VARIÁVEIS	DEFINIÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA
FE	Fermentação Entérica	CO <sub>2</sub> e
MDA	Manejo de Dejetos Animais (coletados e tratados)	CO <sub>2</sub> e
SAGR	Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem)	CO <sub>2</sub> e
ANI	Animais Abatidos	CO <sub>2</sub> e
CFERT	Consumo de Fertilizantes	CO <sub>2</sub> e
EMID	Emissões Diretas	CO <sub>2</sub> e
DEPAT	Deposição Atmosférica	CO <sub>2</sub> e
LIX	Lixiviação	CO <sub>2</sub> e
VIMP	Valor FOB das importações: agropecuária	Milhões de dólares
VEXP	Valor FOB das exportações: agropecuária	Milhões de dólares
PIB	Produto Interno Bruto	Milhões de reais
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo	Em percentual

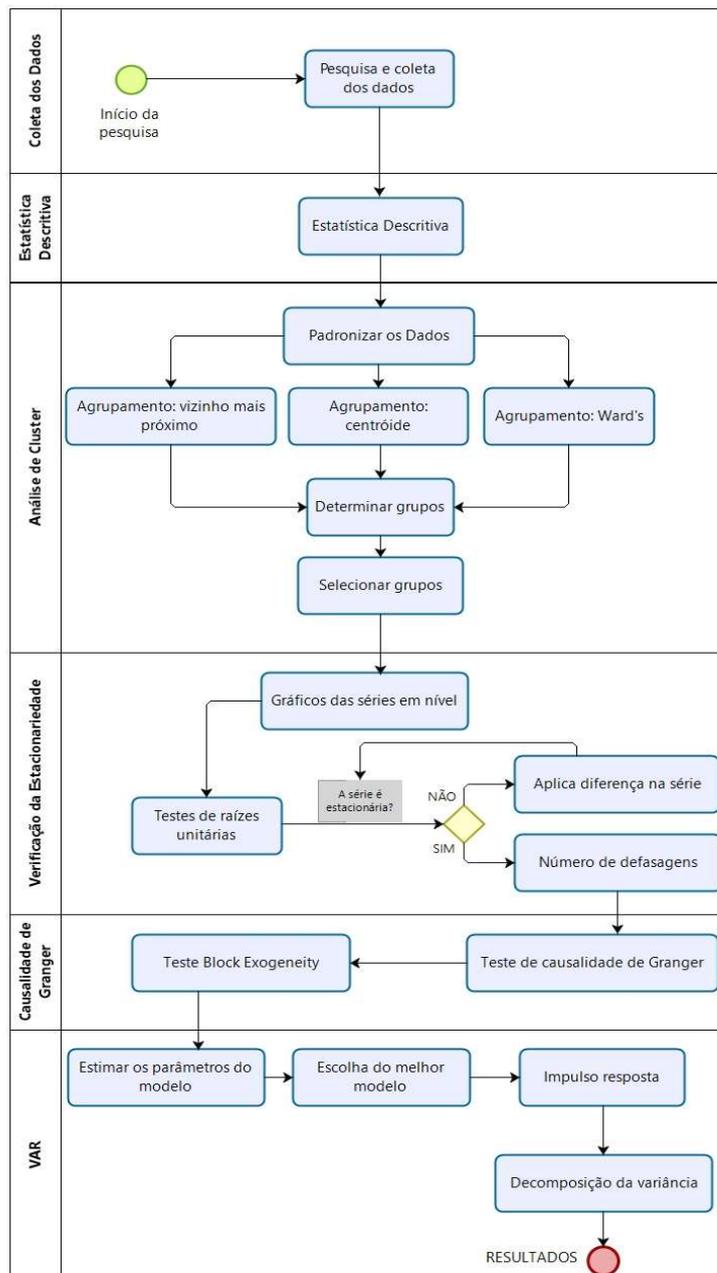
Fonte: Autor.

Algumas das variáveis do Quadro 1 foram apresentadas na unidade de medida dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), medida que engloba os gases envolvidos no efeito estufa; na agropecuária, esses gases são o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

### 3.3 FLUXOGRAMA METODOLÓGICO

Na Figura 4 é apresentado o fluxograma dos passos metodológicos com a descrição para o desenvolvimento do estudo.

Figura 4 – Fluxograma com os passos metodológicos



Fonte: Autor.

Conforme Figura 4, a análise dos dados foi dividida em 6 passos: coleta dos dados, estatística descritiva, análise de *Cluster*, verificação da estacionariedade, causalidade de Granger e VAR. Para melhor entendimento, cada uma dessas etapas é detalhada a seguir:

Passo 1: Coleta de dados – neste passo foram coletadas as variáveis do setor e as variáveis macroeconômicas. O banco de dados foi formado por 12 (doze) variáveis que foram editadas em uma planilha eletrônica, em um formato aceitável pelo *software EViews* (versão 9.0), na qual serão realizadas as análises e as modelagens.

Passo 2: Estatística Descritiva – com o intuito de sintetizar e compreender as variáveis estudadas, serão utilizadas as medidas de tendência central (média e mediana) e as medidas de dispersão (valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficiente de variação).

Passo 3: Análise de *Cluster* – foi realizada por meio do *software Statistica*, a formação do *Cluster* será pelo método de ligação do vizinho mais próximo, centroide e *Ward's*, com as medidas de dissimilaridade, distância Euclidiana e de *Mahalanobis*. Ainda, será realizada uma classificação em termos de exogeneidade para auxiliar na elaboração do modelo VAR.

Passo 4: Verificação da Estacionariedade – será realizada, inicialmente, uma verificação visual por meio dos gráficos das séries originais. Serão aplicados os testes de raízes unitárias para possibilitar a execução da modelagem do VAR, uma vez que as séries precisam ser estacionárias. A verificação da estacionariedade será por meio do teste de raiz unitária: *Phillips-Perron* (PP), *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) e *Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin* (KPSS). As séries que não forem estacionárias em nível passarão pelo método de diferenciação até tornarem-se estacionárias. Finalizando esse passo, será estabelecido o número adequado de defasagens, pelos critérios *Akaike Information Criterion* (AIC) e *Bayesian Information Criterion* (BIC), este último procedimento do passo 4 é essencial durante a determinação do modelo VAR. Para identificar o modelo VAR final, é importante definir a ordem de exogeneidade das variáveis, pois a ordenação dessas variáveis sofrerá influência no momento em que se realizar o impulso-resposta.

Passo 5: Causalidade de Granger – para realizar a análise da influência de uma variável sobre a outra, será realizado o teste de causalidade de Granger, conforme as equações 1 e 2. Também será aplicado outro teste, o *blockexogeneity*, que permitirá a determinação das variáveis exógenas e a classificação das variáveis mais exógenas para as menos exógenas. A realização dos passos 4 e 5 é necessária para tornar possível a estimação do VAR.

Passo 6: VAR – estimar os parâmetros do modelo e ajustar o modelo VAR, conforme equação 3, mais apropriado para as variáveis analisadas, de acordo com o menor valor de resposta dos critérios AIC, BIC, HQ, conforme equações 4, 5 e 6, e ruído branco, com o intuito de determinar a relação de curto prazo entre elas, uma vez que serão aplicadas diferenças na série original, perdendo as propriedades de longo prazo. Será realizada a função de impulso-resposta, que tem como objetivo avaliar o tempo necessário para um choque externo afetar as

variáveis endógenas até voltar ao estado normal. Com o objetivo de medir os resultados oriundos do modelo, será realizada a decomposição da variância, por 24 (vinte e quatro) meses.

Cumprindo esses passos, pretende-se compreender a dinâmica das variáveis e os efeitos que elas causam umas nas outras, com o intuito de possibilitar propor medidas de redução das emissões de GEE, de modo a tornar sustentável a atividade pecuária de corte e a utilização de fertilizantes.

A adoção de tais medidas na agropecuária pode atribuir ao Brasil maior credibilidade e confiabilidade internacional na preservação ambiental, tornando o setor da agropecuária brasileira mais valorizado e aceito nos mercados internacionais.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa são apresentados os resultados deste estudo em forma artigo, intitulado “Modelos Autorregressivos Vetoriais nos Gases do Efeito Estufa da Agropecuária Brasileira”. O artigo analisa as alternativas para reduzir a contribuição da agropecuária no efeito estufa, compreendendo a dinâmica das variáveis e os efeitos que elas causam umas nas outras. O período do estudo é de janeiro de 1997 a agosto de 2006.

No artigo realizou-se inicialmente uma estatística descritiva nas variáveis fermentação entérica (FE), manejo de dejetos de animais (MDA), solos agrícolas (SAGR), animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), emissões diretas (EMID), deposição atmosférica (DEPAT) e lixiviação (LIX), valor FOB das importações (VIMP) e exportações (VEXP), Produto Interno Bruto (PIB) e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Por meio do coeficiente de variação, verificou-se que a extensão da variabilidade em relação à média das variáveis fermentação entérica, manejo de dejetos de animais e solos agrícolas indica que são os dados mais homogêneos, uma vez que são variáveis relacionadas ao gado de corte, ainda podendo incluir, neste grupo, os animais abatidos, uma vez que ele praticamente ficou igual ou menor que 25%.

Para classificação das variáveis em termos de comportamentos análogos, foi aplicado o método de *Cluster*, que mostrou ser possível a realização da classificação e seleção das variáveis em termos de exogeneidade, corroborada pelo teste de Causalidade de Granger/Block Exogeneity. Por meio desta pesquisa, determinou-se um modelo VAR, que permitiu identificar a interrelação entre as variáveis, considerando a simultaneidade dos componentes.

A análise da função impulso-resposta auxiliou na compreensão do estudo, sugerindo que há oscilações mais relevantes do PIB em relação às variáveis ANI, SAGR e DEPAT. Ainda, em complemento à interpretação dos resultados, realizou-se a decomposição da variância em relação ao PIB, em termos de porcentagem em até 18 meses. No primeiro período, o PIB é explicado por ele mesmo em 81,77% e 18,22% por ANI. Contudo, no terceiro período ocorre um crescimento em algumas variáveis, e o PIB passar a ser explicado em 56,90% pela própria variável ANI em 22,73%; a partir do quinto período, as variáveis apresentam uma variação estável.

Deste modo, pode-se investigar as relações existentes nas emissões dos gases do efeito estufa (GEE) decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes, por meio da análise de *Cluster* e Modelos Econométricos Autorregressivos Multivariados.

#### 4.1 ARTIGO: MODELOS AUTORREGRESSIVOS VETORIAIS NOS GASES DO EFEITO ESTUFA DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

##### RESUMO

A agropecuária brasileira, com foco na pecuária de corte e utilização de fertilizantes, é considerada potencial fonte de emissões de gases do efeito estufa (GEE), devido a sua crescente expansão em número e desenvolvimento territorial. O objetivo desta pesquisa é determinar as variáveis com comportamentos análogos decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes por meio da análise de *Cluster* e determinar a inter-relação entre as variáveis com impacto no curto prazo por meio da análise da função impulso-resposta, utilizando um Modelo Autorregressivo Vetorial (VAR), no período compreendido de janeiro de 1997 a agosto de 2006. A análise de *Cluster* classificou as variáveis em termos de exogeneidade na seguinte ordem: Animais Abatidos (ANI), Produto Interno Bruto (PIB), Solos Agrícolas (SAGR), Fermentação Entérica (FE), Deposição Atmosférica (DEPAT), Consumo de Fertilizantes (CFERT), Lixiviação (LIX) e Manejo de Dejetos de Animais (MDA), e o modelo VAR evidenciou a relação de curto prazo entre as variáveis e a dinâmica existente entre elas. O estudo auxilia na proposição das medidas de redução nas emissões de GEE, com gestões nas variáveis do setor da agropecuária brasileira, emissoras de Dióxido de Carbono Equivalente (CO<sub>2e</sub>) e que demonstraram influência no PIB, tornando a atividade agropecuária sustentável.

**Palavras-chave:** Análise de *Cluster*. Modelos Autorregressivos Vetoriais. Agropecuária Brasileira. Gases do Efeito Estufa. Medidas de Redução.

##### ABSTRACT

#### GREENHOUSE GASES' AUTOREGRESSIVE VECTOR MODELS ON THE BRAZILIAN AGRICULTURE

Brazilian agriculture, with a focus on beef cattle and fertilizers use, is considered a potential source of greenhouse gas (GHG) emissions due to its growing expansion in number and territorial development. The goal of this research is to determine the variables with analogous behaviors resulting from the production of beef cattle and fertilizers through *Cluster* analysis and to determine the interrelationship between the variables with impact in the short term through the analysis of the impulse-response function, using a Autoregressive Vector Model (AVM) in the period from January 1997 to August 2006. *Cluster* analysis classified the variables in terms of exogeneity in the following order: Slaughtered Animals (SA), Gross Domestic Product (GDP), Agricultural Soils (AS), Enteric Fermentation (EF), Atmospheric Deposition (AD), Fertilizer Consumption (FC), Leaching (LIX) and Animal Waste Management (AWM) and the AVM model showed the short-term relationship between the variables and the dynamics existing between them. This work assists in the proposition of reduction measures in the GHG emissions, with managements in the variables of the Brazilian agriculture and beef cattle sector that emits Equivalent Carbon Dioxide (CO<sub>2e</sub>) and that they had demonstrated influence in the GIP, leading the agricultural activity to be sustainable.

**Keywords:** *Cluster* Analysis. Autoregressive Vector Models. Brazilian agriculture. Greenhouse Gases. Reduction Measures.

## 1 INTRODUÇÃO

A concentração de gases do efeito estufa no ambiente aumenta com o passar das décadas, o que tem contribuído com o aquecimento mundial, refletindo diretamente nas mudanças climáticas. Informações contidas no documento do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2007) relatam que o acúmulo de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) na atmosfera tem significativamente aumentado em decorrência de atividades humanas desde 1750 (IPCC, 2007). Apesar desse crescimento, o interesse de grande parte das instituições de pesquisa do país e órgãos ligados à agropecuária ainda é pequeno, pois são poucos os subsídios difundidos sobre fatores de emissão dos gases do efeito estufa.

No cenário econômico e social do Brasil, a agropecuária é indispensável. Se o seu crescimento estiver ligado a práticas sustentáveis, é possível agregar a produtividade em conjunto com a redução do impacto no ecossistema e no clima, colaborando com a diminuição de emissões de gases do efeito estufa (GEE) agregando na conservação do planeta (VALLE et al., 2020).

As emissões de GEE possuem diversas fontes de emissão no mundo todo, e avaliar a agropecuária como uma delas no Brasil é um processo que engloba temas ligados à pecuária de corte, com ênfase na fermentação entérica e dejetos produzidos por animais e no consumo de fertilizantes, como adubos nitrogenados.

A pecuária de corte e a utilização de fertilizantes são potenciais fontes de emissões de GEE na agropecuária brasileira, devido a sua crescente expansão em número e desenvolvimento territorial (EMBRAPA, 2012). Na pecuária de corte, os animais ruminantes lançam de 80 a 103 milhões de toneladas de metano no planeta, por ano, ou seja, 25% do  $\text{CH}_4$  emitido no mundo (HOWDEN; REYENGA, 1999). O consumo de fertilizantes possui uma relação direta às emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , em especial o consumo dos nitrogenados. A utilização de nitrogênio pelos brasileiros cresceu de 800 mil toneladas na década de 90 para 3,87 milhões de toneladas no ano de 2014 (ANDA, 2015).

Uma das alternativas para reduzir a contribuição da agropecuária no efeito estufa é compreender a dinâmica das variáveis e os efeitos que elas causam umas nas outras, por meio da análise de *Cluster*, que classifica as variáveis em homogêneas e heterogêneas, de acordo com suas características e Modelos Econométricos Autorregressivos Multivariados (VAR), que investiga as inter-relações de curto prazo entre as variáveis, e propor medidas de redução das

emissões de GEE, de modo a tornar sustentável a atividade pecuária de corte e a utilização de fertilizantes.

Em pesquisa realizada nos periódicos da *Web of Science*, não foi constatada a utilização dessa análise e desse modelo em dados de emissões dos gases do efeito estufa (GEE) na agropecuária brasileira. Deste modo, objetiva-se determinar as variáveis com comportamentos análogos decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes por meio da análise de *Cluster* e determinar a inter-relação entre as variáveis com impacto no curto prazo por meio da análise da função impulso-resposta, utilizando um Modelo Autorregressivo Vetorial (VAR) no período compreendido entre janeiro de 1997 e agosto de 2006.

O artigo está estruturado em 5 seções, sendo, além da seção 1, a introdução, a seção 2, que apresenta a metodologia empregada e a contextualização das variáveis utilizadas nesta pesquisa. Na seção 3, os resultados e discussões relativos ao estudo dos gases do efeito estufa na agropecuária brasileira por meio da análise multivariada. Na seção 4, encontram-se as considerações finais sobre a pesquisa e por fim na seção 5 as referências bibliográficas.

## 2 METODOLOGIA

As variáveis utilizadas nesta pesquisa foram as do setor agropecuário, que estudam o comportamento e refletem as emissões de GEE na agropecuária brasileira, oriundas da produção de carne (corte) e do consumo de fertilizantes, duas destacadas fontes de emissões de GEE do setor, e as variáveis macroeconômicas que oferecem uma visão ampla da economia por meio de índices.

As variáveis do setor da agropecuária utilizadas foram: Fermentação Entérica (FE), Manejo de Dejetos de Animais (MDA), Solos Agrícolas (SAGR), Animais Abatidos (ANI), Consumo de Fertilizantes (CFERT), Emissões Diretas (EMID), Deposição Atmosférica (DEPAT) e Lixiviação (LIX), apresentadas na medida de Dióxido de Carbono Equivalente (CO<sub>2</sub>e), que representa o peso no efeito estufa de cada gás em CO<sub>2</sub>. As Variáveis Macroeconômicas são: Valor FOB das Importações (VIMP) e Valor FOB das Exportações (VEXP) em milhões de dólares, o Produto Interno Bruto (PIB) em milhões de reais e o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) em percentual.

A base de dados é compreendida entre janeiro de 1997 e agosto de 2006, formando 116 observações mensais. As variáveis do setor agropecuário, foram obtidas no *site* [www.monitoragropecuario.seeg.eco.br](http://www.monitoragropecuario.seeg.eco.br), página do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG). O Monitor Agropecuário é um instrumento para obtenção de

informações qualificadas e com atualização mensal das emissões diretas de gases do efeito estufa (GEE) oriundas da produção de carne (corte) e do consumo de fertilizantes, duas destacadas fontes de emissões da agropecuária brasileira.

Os econômicos, valor FOB das importações e exportações e Produto Interno Bruto, foram extraídos [www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br), já o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo foi do *site* [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). As fontes de busca das variáveis apresentam dados mensais, que foram tratados estatisticamente, e as estimações das equações foram realizadas no *software* econométrico *EViews* (versão 9.0).

Como premissa de classificar as variáveis do setor da agropecuária brasileira e variáveis macroeconômicas de comportamento análogos, realizou-se a análise de *Cluster* por meio do *software Statistica* com objetivo de classificar um número pequeno de grupos que possuam características de ser homogêneas internamente, heterogêneas entre si e mutuamente excludentes.

Neste estudo foi utilizado o método hierárquico de agrupamento com métrica de similaridade à distância euclidiana (TABACHNICKE; FIDELL, 2013) e o método de ligação do vizinho mais próximo, centróide e *Ward's* optando-se por aquele que mais se adequasse à teoria sobre emissão de gases do efeito estufa.

A modelagem VAR que será utilizada neste estudo pressupõe a estacionariedade das variáveis. Se as séries temporais estudadas não forem estacionárias, é necessário inserir transformações para torná-las estacionárias (SANTOS, 2009). Os testes utilizados foram Augmented Dick-Fuller – ADF (DICKEY; FULLER, 1981; SAID; DICKEY, 1984); Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin – KPSS (KWIATKOWSKI et al., 1992) e Phillips e Perron – PP (PHILLIPS; PERRON, 1988).

No que se refere ao teste de causalidade, neste trabalho foi utilizado o de Granger, desenvolvido por Clive William John Granger (1986), que determina qual variável é apropriada para melhorar a previsão da outra variável, busca analisar a relação entre as séries e, dessa forma, possibilita compreender a transmissão dos efeitos entre as variáveis.

As equações, utilizadas para o teste de causalidade de Granger, serão demonstradas a seguir:

$$\Delta X_t = \alpha_x + \sum_{i=1}^k \beta_{x,i} \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{x,i} \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_{x,t} \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_y + \sum_{i=1}^k \beta_{y,i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_{y,i} \Delta X_{t-i} + \varepsilon_{y,t} \quad (4)$$

A aplicação da primeira diferença nas séries é representada por  $\Delta X_t$  e  $\Delta Y_t$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  são os coeficientes da regressão, e  $\varepsilon_t$ , o erro aleatório. Granger (1986) afirma que as relações de causalidade são divididas em: causalidade unilateral de  $\Delta Y_t$  para  $\Delta X_t$ ; causalidade unilateral de  $\Delta X_t$  para  $\Delta Y_t$ ; bicausal/simultâneo e sem causalidade.

Contudo, nos modelos autorregressivos vetoriais (VAR), as variáveis influenciam umas às outras pela correlação dos erros e visam encontrar o fluxo da variável de interesse ante um choque nesses erros, podendo ser chamado de choque estrutural.

Para Sims (1980), cada variável é explicada por sua defasagem e a de todas as outras do sistema. O VAR é representado pela equação matemática:

$$Y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B x_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

Sendo  $y_t$ , representa um  $k$  vetor das variáveis endógenas,  $x_t$  é o  $d$  vetor de variáveis exógenas,  $A_1$  até  $A_p$ , bem como  $B$ , representam as matrizes de coeficientes que serão estimados, e  $\varepsilon_t$  é um vetor de inovações (ruído branco).

Ainda na fase de verificação, a apreciação do modelo versa sobre constatar os menores valores para os critérios *Akaike Information Criterion* – AIC (AKAIKE, 1974), *Bayesian Information Criterion* – BIC (SCHWARZ, 1978) e *Hannan-Quinn information criterion* – HQ (HANNAN; QUINN, 1979), uma vez que esses critérios têm por finalidade demonstrar o modelo mais adequado, ou seja, o que obtiver a menor resposta será o selecionado. O modelo que oferecer o menor valor de AIC, BIC e HQ será o que ajustará melhor os dados (LIMA JUNIOR et al, 2013). As equações (4), (5) e (6) apresentam os critérios AIC, BIC e HQ, que são obtidos:

$$AIC(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{2}{T} p n^2 \quad (4)$$

$$BIC(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{\ln T}{T} p n^2 \quad (5)$$

$$HQ(\hat{p}) = \ln \left| \sum (p) \right| + \frac{\ln (\ln T)}{T} 2pn^2 \quad (6)$$

Será selecionado o modelo que apresentar o menor valor de resposta aos critérios AIC, BIC e HQ.

Um choque externo transmitido para as demais equações, por meio dos resíduos do modelo, é uma funcionalidade proporcionada pelo modelo VAR, denominada como função impulso-resposta. Esse choque refere-se ao aumento ou à queda no valor de cada índice das ações em estudo, assim, será possível verificar a influência de cada variável na formação do índice da outra, ou seja, verificar a influência de cada variável nas demais (KIRCHNER et al., 2011).

Para descrever os movimentos quando um choque é aplicado na própria variável e quando ele é aplicado nas demais variáveis, utiliza-se o método da decomposição da variância. Se o erro de uma variável não explicar nada da variância do erro na outra variável, pode-se dizer que ela é exógena e evolui independentemente de choques dos erros das variáveis endógenas (MAYORGA et al., 2007). A decomposição variância do erro de previsão e a função resposta a impulso oferecem a mesma informação, apesar de graficamente serem exibidas de maneiras distintas (DIEBOLD, 2004). Desse modo, a decomposição da variância tem como objetivo mensurar a parcela que cada choque reflete nas variáveis endógenas do modelo.

Essas etapas são importantes para que, com uma metodologia adequada, possamos alcançar o objetivo proposto, que é investigar as relações existentes entre as emissões dos gases do efeito estufa (GEE) decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes e as variáveis de cunho macroeconômicos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

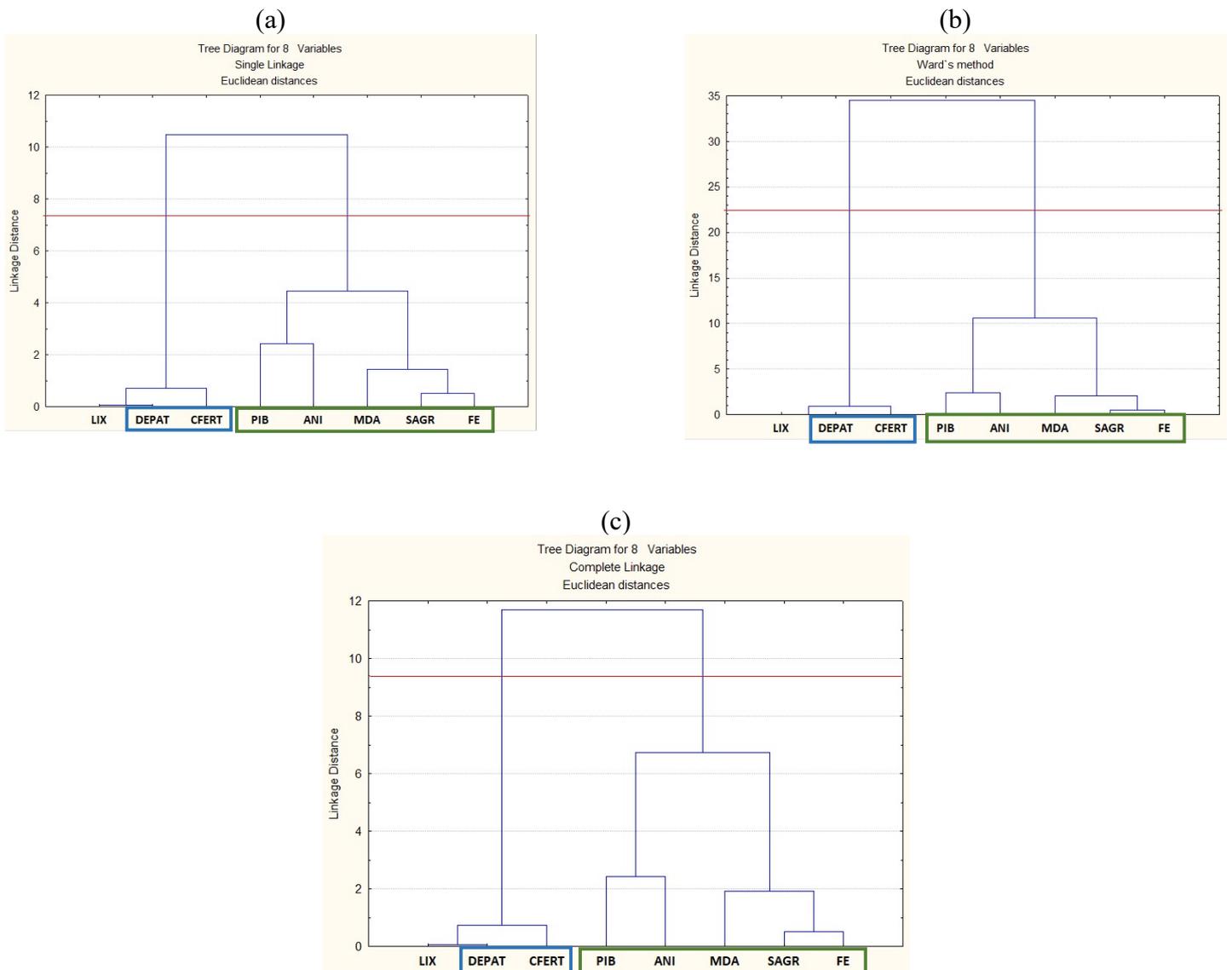
Para sintetizar e compreender as variáveis, foi realizada a estatística descritiva na fermentação entérica (FE), manejo de dejetos de animais (MDA), solos agrícolas (SAGR), animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), emissões diretas (EMID), deposição atmosférica (DEPAT) e lixiviação (LIX), valor FOB das importações (VIMP) e exportações (VEXP), Produto Interno Bruto (PIB) e Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Com os resultados do coeficiente de variação de *Pearson*, verificou-se que as variáveis fermentação entérica (11,41%), manejo de dejetos de animais (10,06%) e solos agrícolas (12,11%) são as variáveis mais homogêneas, ainda podendo incluir, nesse grupo, os

animais abatidos (25,49%), uma vez que esta variável praticamente ficou igual ou menor que 25% no coeficiente de variação. Os maiores coeficientes de variação foram o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (89,29%) e o valor FOB das exportações, pois são formados por dados com grande instabilidade, por tratar-se de índices que variam de acordo com a economia, baseada na inflação do país, que sofre oscilações.

Ao definir o número de defasagens do modelo, foi utilizado o critério de exclusão, de modo a empregar uma média representativa das variáveis estudadas. O critério para exclusão foram as variáveis que estavam acima da média do percentual do Coeficiente de Variação das demais (34,92%). As variáveis excluídas foram: EMID (34,23%), IPCA (89,29%), VEXP (69,49%) e VIMP (35,33%). As 8 (oito) variáveis que darão continuidade a esta pesquisa são apresentadas a seguir: animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), deposição atmosférica (DEPAT), fermentação entérica (FE), lixiviação (LIX), manejo de dejetos de animais (MDA), solos agrícolas (SAGR) e Produto Interno Bruto (PIB).

Com o intuito de analisar quais as variáveis decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes possuem comportamentos análogos, realizou-se a análise de *Cluster*, conforme Figura 1.

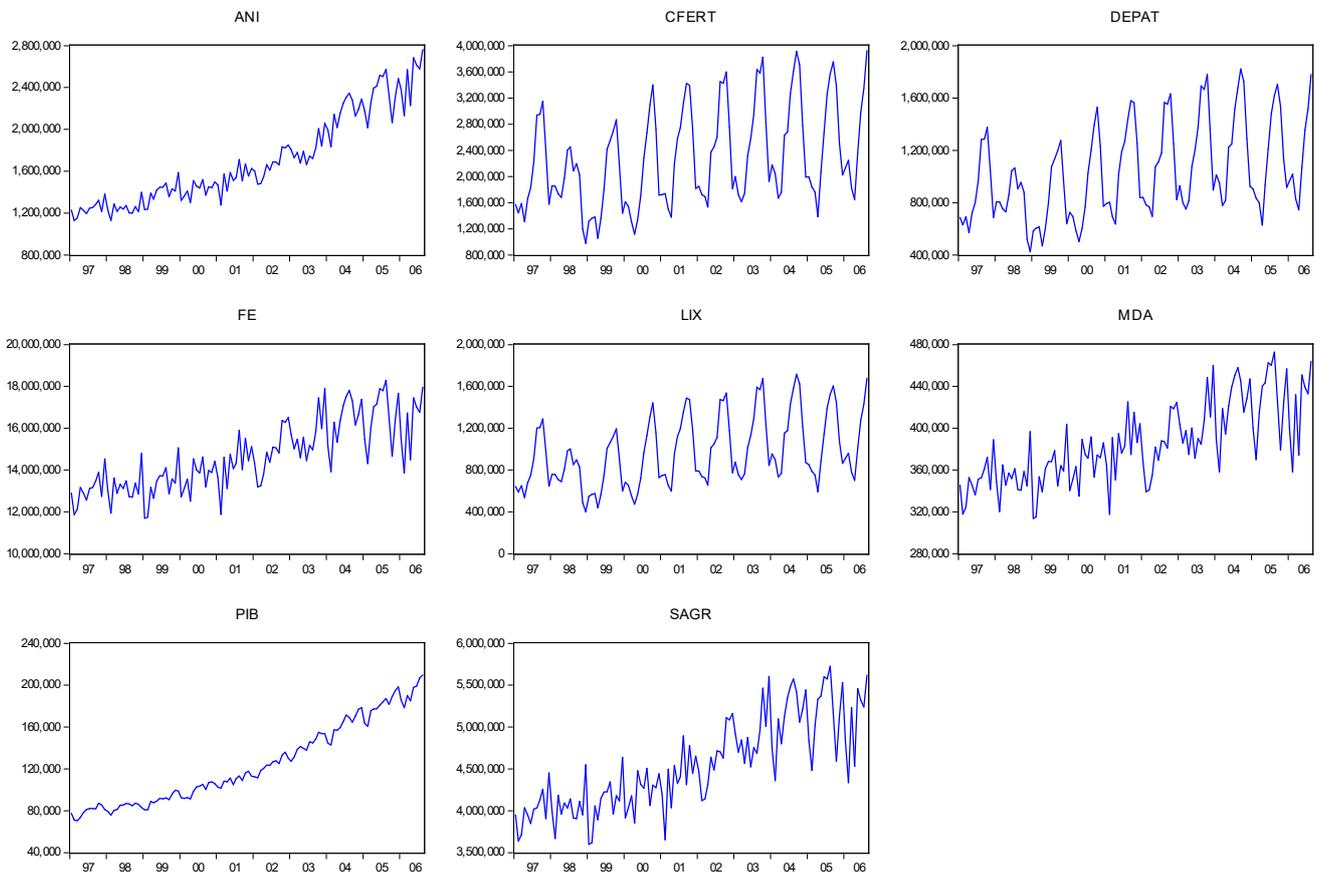
Figura 1 – Dendogramas da análise de *Cluster*, das variáveis LIX, DEPAT, CFERT, PIB, ANI, MDA, SAGR e FE



Fonte: Autor.

Na Figura 1 (a), (b) e (c) formaram-se dois *Clusters*: I) LIX, DEPAT e CFERT e II) PIB, ANI, MDA, SAGR e FE. Todos os métodos de agrupamento propostos evidenciam que as variáveis são endógenas e formam esses dois grupos: Grupo I, das variáveis I) LIX, DEPAT e CFERT e Grupo II, das variáveis PIB, ANI, MDA, SAGR e FE. Após a realização da análise de *Cluster*, verificou-se a estacionariedade da série, pois todas variáveis devem ser estacionárias em nível para que possamos determinar o modelo VAR.

Figura 2 – Gráficos das variáveis em nível: animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), deposição atmosférica (DEPAT), fermentação entérica (FE), lixiviação (LIX), manejo de dejetos de animais (MDA), Produto Interno Bruto (PIB) e solos agrícolas (SAGR).



Fonte: Autor.

A Figura 2 ilustra que as séries em nível são não estacionárias e, para confirmar a não-estacionariedade, foram realizados os testes de raízes unitárias ADF, PP e KPSS, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos testes de raiz unitária das variáveis ANI, CFERT, DEPAT, FE, LIX, MDA, PIB e SAGR

Variáveis	ADF			KPSS		PP	
	d=0	d=1	d=2	d=0	d=1	d=0	d=1
ANI	0,443	-11,789	-	1,204	0,392	-0,450	-28,81
CFERT	-0,842	-3,631	-	0,691	0,022	-3,949	-
DEPAT	-0,858	-3,534	-	0,805	0,021	-3,855	-
FE	-0,364	-9,600	-	1,339	0,201	-4,027	-
LIX	-0,851	-3,537	-	0,812	0,021	-3,848	-
MDA	-0,419	-9,844	-	1,319	0,203	-4,503	-
PIB	2,822	-2,558	-10,490	1,235	0,462	3,049	-14,409
SAGR	-0,537	-3,381	-	1,342	0,197	-3,136	-

$\alpha = 0,05$ : ADF (t-stat) valor crítico = -2,889; KPSS (LM-stat) valor crítico = 0,463, PP (t-stat) valor crítico = -2,886 e d=diferenciação.

Fonte: Autor.

Constatou-se que todas as variáveis são estacionárias após a aplicação de uma diferenciação na série original, ou seja, nenhuma das variáveis são estacionárias em nível.

Para analisar a relação entre as variáveis da pesquisa, aplicou-se o teste de Causalidade de Granger (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultados do teste de Causalidade de Granger

Causalidade de Granger	F-stat	p-valor (<0,05)
D(CFERT) ↔ D(ANI)	5,21829	0,0069
D(DEPAT) ↔ D(ANI)	5,23997	0,0067
D(ANI) ↔ D(FE)	6,54026	0,0021
D(LIX) ↔ D(ANI)	5,23710	0,0067
D(ANI) ↔ D(MDA)	6,14872	0,0030
D(ANI) ↔ D(PIB)	19,4838	6,E-08
D(ANI) ↔ D(SAGR)	6,74051	0,0017
D(CFERT) ↔ D(FE)	13,0193	9,E-06
D(CFERT) ↔ D(MDA)	13,4133	6,E-06
D(CFERT) ↔ D(PIB)	14,4411	3,E-06
D(CFERT) ↔ D(SAGR)	12,7209	1,E-05
D(DEPAT) ↔ D(FE)	13,1214	8,E-06
D(DEPAT) ↔ D(MDA)	13,5178	6,E-06
D(DEPAT) ↔ D(PIB)	14,5959	2,E-06
D(DEPAT) ↔ D(SAGR)	12,8232	1,E-05
D(LIX) ↔ D(FE)	13,1174	8,E-06
D(PIB) ↔ D(FE)	13,4683	6,E-06
D(LIX) ↔ D(MDA)	13,5138	6,E-06
D(LIX) ↔ D(PIB)	14,5833	2,E-06
D(LIX) ↔ D(SAGR)	12,8195	1,E-05
D(PIB) ↔ D(MDA)	13,2054	7,E-06
D(SAGR) ↔ D(PIB)	13,6433	5,E-06

O símbolo ↔ indica causalidade bidirecional; O símbolo → indica causalidade unidirecional; H0: série “X” não causa série “Y” no sentido de Granger; H1: série “X” causa série “Y” no sentido de Granger;  $\alpha = 0,05$ .

Fonte: Autor.

A Tabela 2 mostra que todas as 22 relações de causalidade de Granger identificadas são causalidades bidirecional a 5%, por exemplo, CFERT causa ANI, pois a hipótese nula foi rejeitada e ANI também causa em CFERT. Nenhuma das variáveis foi considerada unidirecional ou unilateral, quando apenas uma variável causaria na outra.

Conforme descrito no item 3, não foi possível gerar a matriz inversa com as 12 (doze) variáveis iniciais desta pesquisa, provavelmente pelo número de observações serem poucos em relação ao número de variáveis. Como não foram encontradas mais observações para inserir, foram excluídas algumas variáveis conforme mencionado anteriormente pelo critério da média do Coeficiente de Variação, até que fosse possível gerar a matriz, com as variáveis: animais abatidos (ANI), consumo de fertilizantes (CFERT), deposição atmosférica (DEPAT), fermentação entérica (FE), lixiviação (LIX), manejo de dejetos de animais (MDA), solos agrícolas (SAGR) e Produto Interno Bruto (PIB).

Após aplicar as diferenças, foi determinada a ordem do modelo VAR utilizando o critério penalizador AIC.

Tabela 3 – Resultado do critério AIC para a seleção da ordem do modelo

Lag	AIC
0	175,1151
1	174,5108
2	174,5007*
3	175,0171
4	175,0929
5	175,3573
6	175,5653
7	175,4401
8	175,4592

\*indica ordem de atraso selecionada pelo critério A/C: Akaike information criterion

Fonte: Autor.

O critério AIC (Tabela 3) foi utilizado para determinar a ordem do modelo, ou seja, a ordem do modelo será com 2 lags. Para realizar a ordenação das variáveis em termos de exogeneidade, aplicou-se o *Block Exogeneity Test*, encontrando o maior valor de *Chi-Square* para cada variável.

Tabela 4 - Resumo dos resultados do *Block Exogeneity Test*

Variáveis	Chi-Square ( $X^2$ )	p-value
ANI	20,17661	0,0001
PIB	18,38639	0,0001
SAGR	4,314524	0,1156
FE	3,465672	0,1768
DEPAT	2,502832	0,2861
CFERT	2,490051	0,2879
LIX	2,262627	0,3226
MDA	2,032053	0,3620

Fonte: Autor.

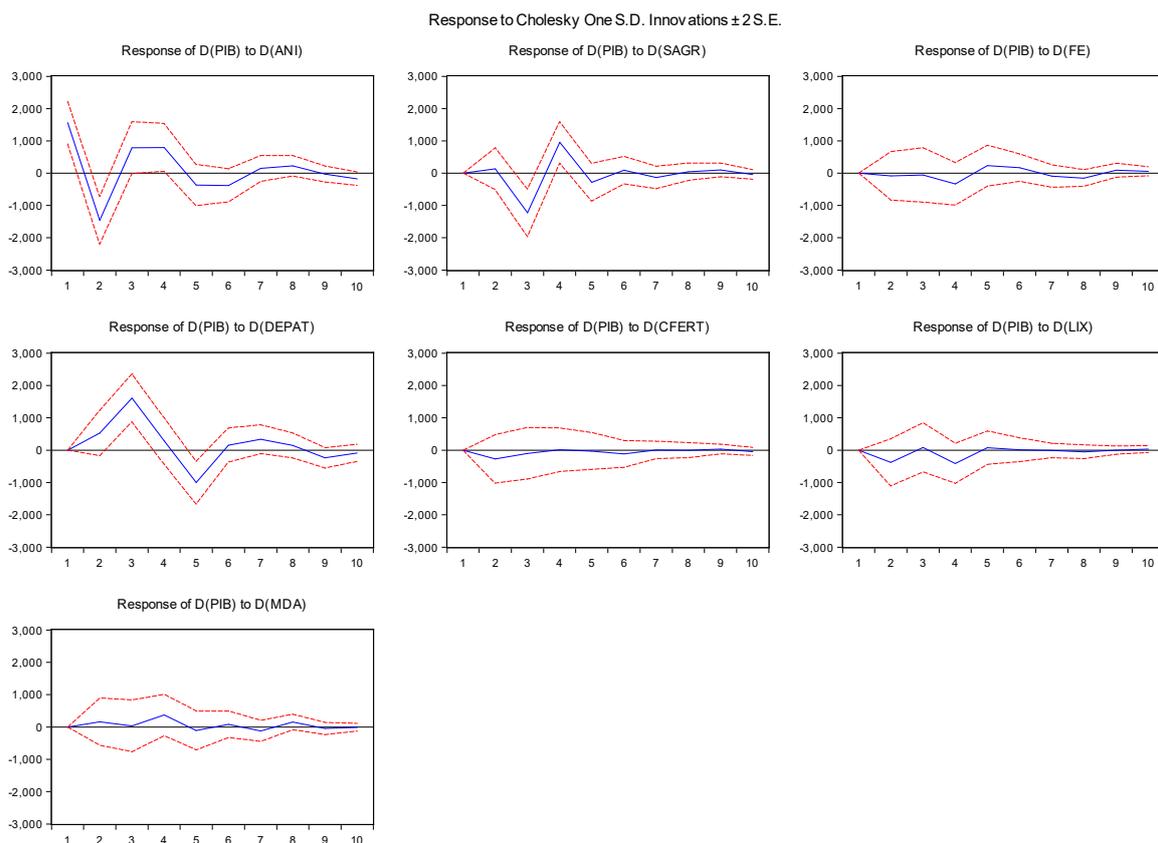
A variável mais exógena, que possui o maior valor de Qui-quadrado do modelo foi Animais Abatidos (20,17661), e a menos exógena, com menor valor de Qui-quadrado foi

Manejo de Dejetos Animais (2,032053). As informações da Tabela 4 com a ordem das variáveis em termos de exogeneidade é muito relevante para o momento de ajustar o modelo VAR.

Determinou-se um modelo VAR (Apêndice A), que possibilitou identificar a inter-relação entre as variáveis, levando em consideração a simultaneidade das componentes. Realizou-se o procedimento de impulso-resposta, sendo as variáveis de impulso as variáveis do setor da agropecuária brasileira: ANI, SAGR, FE, DEPAT, CFERT, LIX e MDA, e a variável de resposta, representando as variáveis macroeconômicas, será o PIB, pois busca-se compreender a influência das variáveis macroeconômicas para explicar o nível de emissões de GEE pelo gado de corte e fertilizantes na agropecuária brasileira.

A Figura 3 apresenta os gráficos da resposta das variáveis após a ocorrência de uma perturbação (dois desvios padrões). Os gráficos com informações mais relevantes são ANI, SAGR e DEPAT, devido às oscilações apresentadas.

Figura 3 – Gráficos da função impulso-resposta



Fonte: Autor.

As variáveis que apresentam maiores oscilações em relação ao PIB são Animais Abatidos, Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem) e Deposição Atmosférica. Para uma melhor compreensão do estudo entre as variáveis, realizou-se também

a decomposição da variância em relação ao PIB para auxiliar na interpretação dos resultados do modelo em termos de porcentagem do erro de previsão das variáveis.

Tabela 5 – Resultado da decomposição da variância das variáveis ANI, PIB, SAGR, FE, DEPAT, CFERT, LIX e MDA

Período	D(ANI)	D(PIB)	D(SAGR)	D(FE)	D(DEPAT)	D(CFERT)	D(LIX)	D(MDA)
1	18,22794	81,77206	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	27,74540	68,95777	0,110212	0,042606	1,672328	0,450606	0,866086	0,154997
3	22,73703	56,90290	6,640969	0,044374	12,53286	0,369355	0,656318	0,116192
4	23,38661	52,30706	9,738604	0,487052	11,81352	0,338983	1,276385	0,651781
5	22,59201	50,07934	9,495422	0,664950	14,95765	0,323591	1,226475	0,660558
6	22,60903	50,38624	9,309474	0,754590	14,70447	0,367326	1,199057	0,669820
7	22,26552	50,67258	9,203225	0,772920	14,83582	0,360472	1,177194	0,712268
8	22,32897	50,50019	9,159489	0,852988	14,82749	0,358529	1,180623	0,791722
9	22,23905	50,42159	9,156276	0,878160	14,97131	0,360993	1,175755	0,796869
10	22,28646	50,39510	9,137622	0,886417	14,95661	0,366770	1,176031	0,794995
11	22,26146	50,36282	9,129948	0,886800	15,02418	0,366300	1,174429	0,794063
12	22,26248	50,36351	9,122184	0,895324	15,02104	0,366123	1,174771	0,794575
13	22,25583	50,35852	9,120344	0,895943	15,03439	0,366162	1,174419	0,794398
14	22,25717	50,35834	9,116887	0,898107	15,03480	0,366206	1,174127	0,794361
15	22,25516	50,35602	9,117789	0,898079	15,03825	0,366261	1,174080	0,794358
16	22,25527	50,35460	9,116478	0,899013	15,03991	0,366236	1,174049	0,794438
17	22,25491	50,35362	9,116487	0,898998	15,04126	0,366266	1,174033	0,794422
18	22,25471	50,35371	9,115970	0,899282	15,04169	0,366261	1,173997	0,794386

D=diferenciação; ANI: Animais Abatidos; PIB: Produto Interno Bruto; SAGR: Solos Agrícolas; FE: Fermentação Entérica; DEPAT: Deposição Atmosférica; CFERT: Consumo de Fertilizantes; LIX: Lixiviação e MDA: Manejo de Dejetos de Animais.

Fonte: Autor.

A Tabela 5 representa o resultado da decomposição da variância até 18 períodos, pois, a partir desse, os valores não apresentaram variações significantes para o estudo. No primeiro período, o PIB é explicado por ele mesmo em 81,77% e 18,22% por ANI. Contudo, no terceiro período ocorre um crescimento em algumas variáveis. e o PIB passa a ser explicado em 56,90% pela própria variável, ANI em 22,73%, DEPAT em 12,53%, SAGR em 6,64, LIX em 0,65%, CFERT em 0,36%, MDA em 0,11% e FE em 0,04%. A partir do quinto período, as variáveis apresentaram uma variação estável.

Desde 1960 o PIB adquiriu uma alta popularidade, sendo empregado pela ampla maioria das nações para mensurar seu comportamento econômico, originando a classificação dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos, o que corrobora com a utilização da variável PIB como variável de resposta representando as variáveis macroeconômicas, pois busca-se compreender a influência das variáveis do setor agropecuário para explicar o nível de missões de GEE pelo gado de corte e fertilizantes na agropecuária brasileira.

Diferente do comportamento dos demais países, a agropecuária brasileira aumentou sua participação na geração do PIB do Brasil entre os anos 1990 a 2007. A comercialização de gado de corte, em suma as carnes, aumentou seus rendimentos, principalmente no que se refere ao número de animais abatidos. Já a produção agrícola voltada ao emprego de fertilizantes também aumentou, objetivando o crescimento em áreas plantadas e ganhos de produtividade, ambos fatores contribuem para o aumento da participação da agropecuária no PIB brasileiro.

Diante desses reflexos da agropecuária brasileira na economia do país, é imprescindível o estudo voltado às variáveis Animais Abatidos, Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem) e Deposição Atmosférica, que emitem CO<sub>2</sub>e, e que nesta pesquisa mostraram uma maior influência na variável PIB. Após os 6 passos determinados, compreendendo a dinâmica das variáveis e os efeitos que elas causam umas nas outras, o objetivo final é de propor medidas de redução das emissões de GEE de modo a tornar sustentável a atividade pecuária de corte e a utilização de fertilizantes.

Esta pesquisa deixa algumas sugestões de fontes de buscas e avanços necessários para a promoção de uma agropecuária com gestões de baixas emissões de GEE, algo que deve ser visto como uma oportunidade de desenvolvimento do setor no mercado brasileiro:

a) Animais Abatidos

O confinamento de gado de corte tornou-se significativo no Brasil a partir de 1980, com o abastecimento de alimentação, água e suplementos aos animais na época seca do ano, em função da estacionariedade de produção de forragem (MOREIRA et al., 2017). Por meio do confinamento, busca-se um melhor rendimento do animal, gerando uma maior produção, sustentabilidade e maiores lucros, atendendo as necessidades do mercado e as exigências da sociedade.

De acordo com Moss e Givens (2002), um maior desempenho dos animais no sistema de produção confinado pode diminuir as emissões de CH<sub>4</sub>, uma vez que com o aumento no desempenho dos animais em menor tempo gera um menor ciclo de vida no que tange produção de carne, diminuindo as emissões de GEE. Logo, a adoção de medidas que visam à melhoria do desempenho dos animais de corte também agrega valor do produto, do ponto de vista sustentável. Essa metodologia é conhecida como Intensidade de Emissão (IE), que equivale aos quilogramas de CO<sub>2</sub>e emitidos para fornecer um quilograma de carcaça (kg CO<sub>2</sub>-eq/kg EC).

#### b) Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem) e Deposição Atmosférica

A mitigação dos GEE dos solos agrícolas e na deposição atmosférica possuem o desenvolvimento de sistema de manejo do solo como foco comum a ser trabalhado objetivando a redução dos gases causadores do efeito estufa.

Dentre as práticas empregadas, quando se trata de manejo do solo, o plantio direto destaca-se como uma prática mitigadora, que é um método diferenciado de manejo do solo, e objetiva diminuir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas (tratores, arados, etc.) sobre o solo, agregado ao uso de leguminosas como plantas de cobertura em sistemas de rotação de culturas, ocasionando uma maior eficiência no uso e manejo de nitrogênio (COSTA; ZANATTA; BAYER, 2008; GOMES, 2006).

O sistema de plantio direto é eficaz para manter as propriedades físicas, químicas e biológicas, garantindo a sustentabilidade do solo, com técnicas de revolvimento (arar) mínimo do solo. As semeadoras, durante o plantio direto promovem a abertura de sulcos rasos, de até 10 cm de profundidade, assegurando a deposição de fertilizantes apenas na camada superficial do solo. Esse sistema torna-se mais eficaz quando associado a gramíneas ou leguminosas de inverno, por meio de rodízio de culturas, apresentando uma tendência de baixas taxas de absorção de metano (EMBRAPA, 2017).

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo realizou-se a estatística descritiva das variáveis do setor da agropecuária brasileira e das variáveis macroeconômicas para sintetizar e compreendê-las. Verificou-se que as variáveis fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, solos agrícolas e animais abatidos são as variáveis mais homogêneas, e os maiores coeficientes de variação foram o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo e o valor FOB das exportações, pois são formados por dados com grande instabilidade, por tratar-se de índices que variam de acordo com a economia.

Em seguida, realizou-se a análise de *Cluster* para ordenar as variáveis em termos de exogeneidade, a qual mostrou ser eficiente, sendo confirmada pelo Causalidade de *Granger/Block Exogeneity Test* encontrando o maior valor de *Chi-Square* para cada variável.

Posteriormente, com a determinação do Modelo Autorregressivo Vetorial (VAR), foi possível identificar a inter-relação entre as variáveis, e, por meio do procedimento de impulso-

resposta e da decomposição da variância, pode-se compreender a influência das variáveis macroeconômicas para explicar o nível de emissões de GEE pelo gado de corte e fertilizantes na agropecuária brasileira.

Este estudo possibilitou evidenciar que existe uma inter-relação entre as variáveis Animais Abatidos, Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem) e Deposição Atmosférica e a variável macroeconômica Produto Interno Bruto, corroborada pela realização do procedimento de impulso-resposta e decomposição da variância. Relação essa que influencia a agropecuária na economia brasileira, pois essas variáveis emitem CO<sub>2</sub>e e mostraram sua influência na variável PIB.

Ao término deste estudo, constatou-se que a Análise de *Cluster* mostrou-se eficiente para a realização da classificação das variáveis em termos de exogeneidade, e o modelo VAR foi capaz de evidenciar a relação de curto prazo entre as variáveis e a dinâmica existente entre elas, atingindo o objetivo final que é propor medidas de redução nas emissões de GEE, como a variável Animais Abatidos, por meio do confinamento de gado de corte que proporciona um melhor rendimento do animal, gerando uma menor permanência do animal no sistema, diminuindo a emissão de GEE durante o ciclo de vida.

E as variáveis Solos Agrícolas e Deposição Atmosférica por meio do plantio direto diminuindo o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas sobre o solo, associado com utilização de gramíneas ou leguminosas de inverno, por meio de rodízio de culturas, apresentando uma tendência de baixas taxas de absorção de metano. Com essas gestões nas variáveis do setor da agropecuária brasileira emissoras de CO<sub>2</sub>e que demonstraram influência no PIB, a agropecuária poderá evoluir para uma atividade economicamente sustentável.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, I. R. S. et al. **Análise e Modelagem do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) a Partir da Metodologia de Box-Jenkins**. Rev. FSA, Teresina, v. 15, n. 5, art. 6, p. 112-129, set./out. 2018. Disponível em: <<http://www4.fsnet.com.br/revista>> Acesso em: 20 out. 2020.

AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic, Boston**, v. 19, n. 6, p. 716-723, dez. 1974.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DOS ADUBOS (ANDA). **Anuário Estatístico do Setor Fertilizantes (2014)**. São Paulo, 2015. 176 p. Disponível em: <http://anda.org.br/index.php?mpg=06.01.00&acao=ver&idc=34&ver=por>. Acesso em: 12 out. 2019.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Econometrica**, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, jul. 1981.

DIEBOLD, F. X. **Elements of forecasting**. 3. ed. Pennsylvania: Thomson, South-Western, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: ano 2012**. São Paulo: Embrapa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Expodireto: Embrapa apresenta alternativas para reduzir compactação de solo**. Brasília: 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21304793/expodireto-embrapa-apresenta-alternativas-para-reduzir-compactacao-de-solo>> Acesso em 02 jan. 2021.

GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GRANGER, C. W. J. Developments in the study of cointegrated economic variables. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 48, n. 3, p. 213-228, ago. 1986.

HANNAN, E. J.; QUINN, B. The determination of the order of an autoregression. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 41, n. 2, p. 190-195, 1979.

HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australia livestock: implications of Kyoto Protocol. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p. 1285-1291, 1999.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: The physical Science basis**. Cambridge, 1 p. 2007.

KIRCHNER, R.; SOUZA, A. M.; STUMM, E. M. F. A modelagem como ferramenta de gestão. **Latin American Journal of Business Management**, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 2-23, 2011.

KWIATKOWSKI, D.; PHILIPS, P. C. B.; SCHMIDT, P. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? **Journal of Econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, dez. 1992.

LIMA JUNIOR, A. V.; REZER, F.; SENNA, V. et al. Aplicação da metodologia Box e Jenkins na modelagem e previsão da série das despesas do governo com o Programa Bolsa Família. In: **Anais da III SEMANÍSTICA: Semana Acadêmica da Estatística da UFRGS e STATISTICS 2013** (Ano Internacional da Estatística 2013). Porto Alegre, outubro/2013. colocar pelo menos mais dois autores

MAYORGA, R. D. O.; KHAN, A.S.; MAYORGA, R. D. et al. Análise de transmissão de preços do mercado atacadista de melão do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 675-704, ago. 2007.

MOREIRA, A. D.; SIQUEIRA, G. R; LAGE, J. F.; BENATTI, J. M. B.; MORETTI, M. H.; MIGUEL, G. Z.; OLIVEIRA, I. M.; RESENDE, F. D. Castration methods in crossbred cattle raised on tropical pasture. *Animal Production Science*, v. 58, n. 7, p. 1307-1315, 2017.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, v.97, n.3, p.127-143. 2002.

PHILLIPS, P. C. B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, v. 75, n. 2, p. 335-346, jun. 1988.

SAID, S. E.; DICKEY, D. A. Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. *Biometrika*, v. 71, n. 3, p. 599-607, dez. 1984.

SANTOS, A. G. Q. **Fatores macroeconômicos e a eficiência informacional no mercado acionário brasileiro**: uma abordagem por meio de vetores autoregressivos. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2009.

SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. *Annals of Statistics*, Hayward, v. 6, n. 2, p. 461-464, mar. 1978.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. 6. ed. Boston, MA: Pearson, 2013.

VALLE, R. S.T.; ALVES, L. M.; OLIVEIRA, M. F. et al. Implicações da legislação brasileira na atividade de plantio de florestas nativas para fins econômicos. **Working paper**, São Paulo: WRI Brasil, 2020.

VICINI, L. et al. **Técnicas Multivariadas Exploratórias**: Teorias e Aplicações no *Software Statística*.. Santa Maria, RS: Ed UFSM, 2018.

## 5 CONCLUSÃO

Para subsidiar importantes inventários e ações que possam ser formuladas e implantadas objetivando mitigações nas emissões de gases do efeito estufa (GEE), o setor agropecuário necessita adaptar-se a uma economia sustentável.

Neste estudo, objetivou-se investigar as relações existentes entre as emissões dos gases do efeito estufa (GEE) decorrentes da produção da pecuária de corte e fertilizantes e as variáveis de cunho macroeconômicos. Utilizou-se a análise de *Cluster*, que classificou as variáveis do setor da agropecuária brasileira e as variáveis macroeconômicas em termos de exogeneidade confirmada pelo Causalidade de *Granger/Block Exogeneity Test*.

Os métodos de ligação utilizados foram: vizinho mais próximo, centróide e Ward's, e formaram-se dois grupos com variáveis endógenas, sendo o primeiro grupo composto por lixiviação, deposição atmosférica e consumo de fertilizantes, e o segundo representado pelo Produto Interno Bruto, animais abatidos, manejo de dejetos de animais, solos agrícolas e fermentação entérica.

Para determinação do modelo VAR, foi necessário realizar a exclusão de algumas variáveis, utilizando o critério da média do Coeficiente de Variação, chegando no quantitativo de 8 (oito) variáveis para gerar a matriz. Após, foi verificado que o uso do modelo VAR foi satisfatório, pois possibilitou identificar a inter-relação entre as variáveis, levando em consideração a simultaneidade das componentes. A análise do procedimento de impulso-resposta, com as variáveis de impulso: ANI, SAGR, FE, DEPAT, CFERT, LIX e MDA e a variável de resposta, representando as variáveis macroeconômicas, o PIB, verificou-se que as variáveis mais relevantes foram Animais Abatidos, Solos Agrícolas (dejetos excretados e deixados na pastagem) e Deposição Atmosférica, devido às oscilações apresentadas.

Deste modo, a análise de *Cluster* demonstrou ser uma ferramenta hábil para classificar as variáveis do setor e as variáveis macroeconômicas em termos de exogeneidade, assim como o modelo VAR para identificar o inter-relacionamento entre elas. Após compreender a dinâmica e os efeitos que as variáveis causam umas nas outras, foram propostas fontes de buscas de medidas de redução das emissões de GEE, de modo a promover gestões para sua redução, agregando valor no setor agropecuário brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, I. R. S.; NORONHA, M. A.; MARASCA, L. et al. Análise e modelagem do índice de sustentabilidade empresarial (ise) a partir da metodologia de Box-Jenkins. **Rev. FSA, Teresina**, v. 15, n. 5, art. 6, p. 112-129, set./out. 2018. Disponível em: <http://www4.fsnet.com.br/revista>. Acesso em: 20 out. 2020.
- AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, dez. 1974.
- ALDENDERFER, M. S.; BLASHFIELD, R. K. **Cluster analysis: quantitative applications in the social sciences**. Beverly Hills: Sage Publication, 1984.
- AMARAL, R. S.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO, R. et al. Tendências, parâmetros fenotípicos e genéticos de características de crescimento em bovinos Nelore mocho do Nordeste brasileiro. **Rev. bras. saúde prod. anim.**, Salvador, v. 15, n. 2, p. 261-271, jun. 2014. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-99402014000200003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402014000200003&lng=pt&nrm=iso). Acesso: em 17 jan. 2021.
- ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA (ANUALPEC). **Pecuária de corte: estatísticas**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2010. Cap. 2. p. 49-76.
- ARAÚJO NETO, D. L.; COSTA, E. de F. Dimensionamento do PIB do agronegócio em Pernambuco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Recife, v. 43, n. 4, p. 725-757, 2005.
- ARAÚJO, E.; FAJARDO, J.; TAVANI, L. C. CAPM usando uma carteira sintética do PIB Brasileiro. **Estudos Econômicos**, v. 36, n. 3, jul./set. 2006.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DOS ADUBOS (ANDA). **Anuário Estatístico do Setor Fertilizantes (2014)**. São Paulo, 2015. 176 p. Disponível em: <http://anda.org.br/index.php?mpg=06.01.00&acao=ver&idc=34&ver=por>. Acesso em: 12 out. 2019.
- ATTWOOD, G.T.; KELLY, W. J.; ALTERMANN, E.H. et al. Analysis of the *Methanobrevibacter ruminantium* draft genome: understanding methanogen biology to inhibit their action in the rumen. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 83-88, 2008.
- BACH, T. M.; SILVA, W. V.; SOUZA, A. M et al. **Comportamento do cliente online: percepções sobre os tipos de riscos incorridos através de compras online**. Palgrave Commun, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41599-020-0389-4#citeas>. Acesso em: 13 fev. 2020.
- BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARAC, F. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 21-27, 2008.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Convenção sobre mudança do clima**. 2000. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/quem-%C3%A9-quem/itemlist/category/138-conven%C3%A7%C3%A3o-da-onu-sobre-mudan%C3%A7a-do-clima.html>. Acesso em: 11 dez. 2020.

BUDDLE, B.M.; DENIS, M.; ATTWOOD, G.T. et al. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *The Veterinary Journal*, v. 88, n. 1, p. 11-17, 2011.

CARVALHO, M. A.; SILVA, C. R. L. Taxa de juros: um problema real para a agricultura. *Revista de Política Agrícola, Brasília*, v. 17, n. 1, p. 14-23, mar. 2008.

COSTA, F. S.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C. Emissões de gases do efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metropole, 2008b. p. 545-559.

COTTON, W. R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, v. 49, n. 4, p. 1057-1072, jul. 1981.

DIEBOLD, F. X. **Elements of forecasting**. 3. ed. Pennsylvania: Thomson, South-Western, 2004.

DOMINGUES, P. F.; LANGONI, H. **Manejo sanitário animal**. Rio de Janeiro: EPUB, 2001.

ECYCLE. **Gases de efeito estufa: o que são e sua influência no aquecimento global**. 2019. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/6037-gases-de-efeito-estufa/>. Acesso em: 12 out. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação às emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 35p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: ano 2012**. São Paulo: Embrapa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Inventário de emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de óxido nitroso provenientes de solos agrícolas**. São Paulo: Embrapa, 2015a.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. São Paulo: Embrapa, 2015b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Expodireto: Embrapa apresenta alternativas para reduzir compactação de solo**. Brasília: 2017.

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21304793/expodireto-embrapa-apresenta-alternativas-para-reduzir-compactacao-de-solo>> Acesso em 02 jan. 2021.

ENDERS, W. Applied econometric time series. Wiley series in probability and mathematical statistics. In: **John Wiley and Sons**. New York /USA: 1995.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FREITAS, Eduardo de. Importância da agropecuária brasileira. **Brasil Escola**. 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-importancia-agropecuaria-brasileira.htm>. Acesso em: 05 jan. 2021.

FURTUOSO, M. C. O.; GUILHOTO, J. M. Estimativa e mensuração do Produto Interno Bruto do Agronegócio da Economia Brasileira, 1994 a 2000. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 41, n. 4, p. 803-827, 2003.

GASTALDI, J. P. **Elementos de economia política**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GRANGER, C. W. J. Developments in the study of cointegrated economic variables. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 48, n. 3, p. 213-228, ago. 1986.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. L. T.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HANNAN, E. J.; QUINN, B. The determination of the order of an autoregression. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 41, n. 2, p. 190-195, 1979.

HENDRY, D. **Econometrics: alchemy or science** Essays in econometric methodology, Blackwell: Oxford, 1996.

HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australia livestock: implications of Kyoto Protocol. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p. 1285-1291, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo agropecuário 2018: resultados preliminares**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos>. Acesso em: 25 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Índice Nacional de Preços ao Consumidor – INPC**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9258-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor.html?=&t=downloads>. Acesso em: 27 ago. 2019.

INSTITUTO DE MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA (IMAFLORA). **Análise da evolução das emissões de GEE no Brasil (1990-2012)**: setor agropecuário. São Paulo: Observatório do Clima, 2014. Disponível em: [https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/53fb8083b4e88\\_SEEG\\_Agropecuaria.pdf](https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/53fb8083b4e88_SEEG_Agropecuaria.pdf). Acesso em: 17 ago. 2019.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: the physical science basis**. Cambridge, 2007.

JANSSEN, P. H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Appl Environ Microbiol**, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18424540>. Acesso em: 28 nov. 2020.

KWIATKOWSKI, D.; PHILIPS, P. C. B.; SCHMIDT, P. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? **Journal of Econometrics**, v. 54, n. 1-3, p. 159-178, dez. 1992.

KIRCHNER, R.; SOUZA, A. M.; STUMM, E. M. F. A modelagem como ferramenta de gestão. **Latin American Journal of Business Management**, Taubaté, v. 2, n. 1, p. 2-23. Taubaté, SP, 2011.

LI, Z; KELLIHER, F.M. Determining nitrous oxide emissions from subsurface measurements in grazed pasture: A field trial of alternative technology. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 43, n. 6, p. 677-687, 2005.

LIEBIG, M.A.; KRONBERG, S.L.; GROSS, J.R. Effects of normal and altered cattle urine on short-term greenhouse gas flux from mixed-grass prairie in the Northern Great Plains. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 125, n. 1/4, p. 57-64, May 2008. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880907002794>. Acesso em: 12 set. 2020.

LIMA JUNIOR, A. V.; REZER, F.; SENNAM V. et al. Aplicação da metodologia Box e Jenkins na modelagem e previsão da série das despesas do governo com o Programa Bolsa Família. In: **Anais da III SEMANÍSTICA: Semana Acadêmica da Estatística da UFRGS e STATISTICS 2013** (Ano Internacional da Estatística 2013). Porto Alegre, outubro/2013.

LYRA, T.; GUIMARÃES, J. A. Produção Científica brasileira em comparação com o desempenho mundial em Ciências Agrárias. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, v. 30, p. 141-162, 2009.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MARÉCHAL, K.; AUBARET-JOACHAIN, H.; LEDANT, J. P. **The influence of economics on agricultural systems: an evolutionary and ecological perspective**. Université Libre de Bruxelles: Centre Emile Bernheim, Working, 2008. Paper n. 28.

MAYORGA, R. D. O.; KHAN, A.S.; MAYORGA, R. D. et al. Análise de transmissão de preços do mercado atacadista de melão do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 675-704, ago. 2007.

MEIO AMBIENTE TÉCNICO. **Lixiviação**. Disponível em: <<http://meioambientetecnico.blogspot.com/2013/05/lixiviacao.html>>. Acesso em 18 ago.2019.

MENTEL, G. Rzeszow University of Technology Faculty of Management Department of Quantitative Methods Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland, 2013.

MONTEIRO, A. L. G.; FARO, A. M. C. D. F.; PERES, M. T. P. et al. The role of small ruminants on global climate change. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, e43124, p. 1-11, 2018.

MONTGOMERY, D. C.; JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M. **Introduction to time series analysis and forecasting**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.

MOREIRA, A. D.; SIQUEIRA, G. R; LAGE, J. F.; BENATTI, J. M. B.; MORETTI, M. H.; MIGUEL, G. Z.; OLIVEIRA, I. M.; RESENDE, F. D. Castration methods in crossbred cattle raised on tropical pasture. *Animal Production Science*, v. 58, n. 7, p. 1307-1315, 2017.

MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.97, n.3, p.127-143. 2002.

MOURA, J. M. S. **Fontes de metano em florestas tropicais da Amazônia**: análise da composição isotópica e uso de técnicas indiretas para determinação de balanços gasosos nesses ecossistemas. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Emissões do Brasil sobem 10% no 1º ano de Bolsonaro**. 2020. Disponível em: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/emissoes-brasil-sobem-10-no-1o-ano-de-bolsonaro/>. Acesso em: 05 jan. 2021.

PATTEY, E.; TRZCONSKI, M. K.; DESJARDINS, R. L. Quantifying the reduction of greenhouse gas emissions as a result of composting dairy and beef cattle manure. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 72, n. 2, p. 173-187, jun. 2005. Disponível em: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10705-005-1268-5>. Acesso em: 17 out. 2020.

PAULO, F.; DOMINGUES, H. L. Manejo sanitário animal. **Epub**, Rio de Janeiro, p. 59-75, 2001.

PECUÁRIA NEUTRA. **Pecuária neutra e regenerativa**. Disponível em: <https://www.pecuarianeutra.com.br/>. Acesso em: 12 set. 2019.

PEREIRA, A. S. **Higiene e sanidade animal**. Portugal: Publicações Europa-América, 1992.

PHILLIPS, P. C. B.; PERRON, P. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335-346, jun. 1988.

- POHLMANN, M. Levantamento de técnicas de manejo de resíduos da bovinocultura leiteira no estado de São Paulo In: cone, M. Farms try to clean up their act. **Los Angeles Times**, 28 abr. 1998.
- POPPI, D. P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 278-290, 1995.
- PRIMAVESI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/servicos/publicacao gratuita/documentos/Documentos72.pdf/vie w>. Acesso em: 15 set. 2019.
- SACHS, J. D.; LARRAIN, B. F. **Macroeconomia**. São Paulo: Makron Books, 2000.
- SAID, S. E.; DICKEY, D. A. Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. **Biometrika**, v. 71, n. 3, p. 599-607, dez. 1984.
- SAFFIOTI, W. **Fundamentos de química**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968.
- SAID, S. E.; DICKEY, D. A. Testing for unit roots in autoregressive-moving average models of unknown order. **Biometrika**, v. 71, n. 3, p. 599-607, dez. 1984.
- SA-NGASOONGSONG, A.; BUKKAPATNAM, S.T.S.; KIM, J. et al. Multi-step sales forecasting in automotive industry based on structural relationship identification. **International Journal of Production Economics**, v. 140, p. 875–887, 2012.
- SANTOS, A. G. Q. **Fatores macroeconômicos e a eficiência informacional no mercado acionário brasileiro: uma abordagem por meio de vetores autoregressivos**. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2009.
- SANTOS, I. A. **Emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à bovinocultura: o valor fertilizante do esterco e o impacto da biodigestão anaeróbia**. 2012. 73 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012
- SANTOS, E.; WOLFF, L.; SOUZA, A. M. Transmissão e a influência do volume dos estoques públicos sobre o preço do arroz no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 559-564, mar. 2013.
- SIMS, C. A. Macroeconomis and reality. **Econometrica**, v. 48, n. 1, p. 1-48, jan. 1980.
- SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Observatório do clima: base de dados**. 2019. Disponível em: <http://monitoragropecuario.seeg.eco.br/pages/database>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- SCHWARTZMAN, F. F. Estimativa de curva de Phillips para o Brasil com preços desagregados. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 137-155, 2006.
- SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. **Annals of Statistics**, Hayward, v. 6, n. 2, p. 461-464, mar. 1978.

SILVA, T. G. R. **A febre aftosa e os impactos econômicos no setor de carnes.** 2006. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo\\_febre\\_aftosa.pdf.2006](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/artigo_febre_aftosa.pdf.2006). Acesso em: 03 set. 2019.

SOBRAL, T. E. L.; BARRETO, G. Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos auto-regressivos. **Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações (DINCON).** Águas de Lindóia, 2011. p. 379-382.

SOUZA, A. L.; GARCIA, R.; VALADARES, R. F. D. et al. Casca de café em dietas para vacas em lactação: balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana. **R. Bras. Zootec.**, v. 35, n. 4, p. 1860-1865, 2006 (supl.).

SOUZA, S. R. O; ZANINI, R. R; MELCHIOR, C. et al. Análise de correlação e regressão como ferramenta para gestão da manutenção: um estudo aplicado na indústria de mineração e logística. **Rev. FSA**, Teresina, v. 15, n. 6, art. 8, p. 151-167, nov./dez. 2018.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics.** 6. ed. Boston, MA: Pearson, 2013.

UNITID STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Greenhouse gas emissions from agricultural systems.** Washington: US. EPA, 1989. v. 1.

VALLE, R. S.T.; ALVES, L. M.; OLIVEIRA, M. F. et al. Implicações da legislação brasileira na atividade de plantio de florestas nativas para fins econômicos. **Working paper**, São Paulo: WRI Brasil, 2020.

VASCONCELLOS, M. A. S. **Economia:** micro e macro. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

VICINI, L. et al. **Técnicas Multivariadas Exploratórias:** Teorias e Aplicações no *Software Statística*.. Santa Maria, RS: Ed UFSM, 2018.

VIEIRA, S.S.; ZOTTI, C. A.; PAULINO, V. T. **Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases do efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes.** Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, 2010.

ZIVOT, E.; WANG, J. **Modeling financial time series with S-plus.** 2. ed. New York: Springer, 2005.

## **ANEXOS**

**ANEXO A – BANCO DE DADOS: VARIÁVEIS DA AGROPECUÁRIA E VARIÁVEIS MACROECONÔMICAS: DE JANEIRO DE 1997 A AGOSTO DE 2006.**

DATA	FE	MDA	SAGR	ANI	VIMP	VEXP	PIB	IPCA	CFERT	EMID	DEPAT	LIX
01/1/1997	12.896.455,17	345.435,90	3.951.969,34	1.227.267,00	47,40	67,20	77.582,60	1,13	1.571.409,00	128.604,11	685.888,60	643.020,56
01/2/1997	11.868.042,13	317.889,51	3.636.824,07	1.129.400,00	79,00	58,30	71.072,80	0,71	1.441.857,00	118.001,58	629.341,74	590.007,88
01/3/1997	12.120.429,81	324.649,80	3.714.165,35	1.153.418,00	83,10	203,90	70.461,60	0,59	1.587.530,00	129.923,46	692.925,09	649.617,28
01/4/1997	13.166.748,93	352.675,81	4.034.797,73	1.252.989,00	138,70	507,40	73.576,40	0,68	1.307.289,00	106.988,53	570.605,50	534.942,66
01/5/1997	12.894.374,53	345.380,17	3.951.331,75	1.227.069,00	101,60	546,50	78.110,80	0,50	1.654.836,00	135.431,78	722.302,82	677.158,89
01/6/1997	12.554.967,86	336.289,05	3.847.324,51	1.194.770,00	125,20	436,40	81.202,40	0,55	1.829.387,00	149.717,03	798.490,84	748.585,16
01/7/1997	13.118.221,73	351.375,99	4.019.927,13	1.248.371,00	152,90	540,80	82.058,70	0,31	2.218.896,00	181.594,45	968.503,73	907.972,24
01/8/1997	13.159.708,39	352.487,23	4.032.640,24	1.252.319,00	93,00	341,10	82.132,50	0,17	2.936.944,00	240.359,50	1.281.917,32	1.201.797,48
01/9/1997	13.486.515,64	361.240,87	4.132.786,54	1.283.419,00	100,50	158,40	81.987,30	-0,05	2.949.204,00	241.362,86	1.287.268,56	1.206.814,28
01/10/1997	13.896.579,93	372.224,58	4.258.445,99	1.322.442,00	80,00	97,60	87.297,20	0,25	3.150.471,00	257.834,55	1.375.117,58	1.289.172,73
01/11/1997	12.744.453,02	341.364,47	3.905.390,04	1.212.802,00	90,00	57,80	85.390,10	0,07	2.387.268,00	195.374,01	1.041.994,74	976.870,07
01/12/1997	14.522.368,53	388.986,54	4.450.211,66	1.381.994,00	129,40	47,60	81.216,80	0,49	1.573.902,00	128.808,14	686.976,74	644.040,70
01/1/1998	12.992.419,72	348.422,82	3.994.154,26	1.227.398,00	193,00	53,90	79.363,90	0,54	1.857.471,00	158.096,04	806.695,20	760.077,13
01/2/1998	11.937.326,40	320.127,97	3.669.795,47	1.127.723,00	95,90	49,70	75.828,10	0,64	1.852.384,00	157.663,07	804.485,93	757.995,53
01/3/1998	13.609.280,15	364.965,41	4.183.790,66	1.285.673,00	106,20	153,20	80.508,70	0,39	1.732.624,00	147.469,87	752.474,44	708.989,74
01/4/1998	12.883.581,30	345.504,06	3.960.694,95	1.217.116,00	97,90	495,50	81.166,10	0,22	1.680.678,00	143.048,56	729.914,42	687.733,44
01/5/1998	13.318.511,57	357.167,75	4.094.402,03	1.258.204,00	108,20	489,90	85.207,50	0,41	1.972.888,00	167.919,60	856.820,52	807.305,77
01/6/1998	13.115.675,37	351.728,21	4.032.045,75	1.239.042,00	117,70	397,30	85.562,40	0,34	2.403.717,00	204.589,01	1.043.928,52	983.601,00
01/7/1998	13.475.365,07	361.374,15	4.142.622,23	1.273.022,00	137,40	319,10	86.938,50	-0,11	2.452.191,00	208.714,80	1.064.980,67	1.003.436,56
01/8/1998	12.730.316,23	341.393,89	3.913.577,91	1.202.637,00	84,50	247,80	86.371,30	-0,37	2.083.541,00	177.337,68	904.876,86	852.584,98
01/9/1998	12.706.160,49	340.746,09	3.906.151,91	1.200.355,00	109,70	270,50	84.733,50	-0,44	2.196.593,00	186.959,94	953.975,07	898.845,86
01/10/1998	13.373.650,58	358.646,44	4.111.352,97	1.263.413,00	107,20	142,00	87.302,80	0,01	2.023.363,00	172.215,71	878.741,69	827.960,14
01/11/1998	12.855.233,77	344.743,85	3.951.980,30	1.214.438,00	87,90	94,90	86.316,50	-0,11	1.196.385,00	101.828,63	519.587,13	489.560,74
01/12/1998	14.792.530,14	396.697,09	4.547.547,61	1.397.455,00	158,10	72,60	83.051,80	0,13	977.397,00	83.189,78	424.481,17	399.950,85

01/1/1999	11.693.428,90	313.621,37	3.600.051,67	1.233.330,00	94,10	44,30	80.936,30	0,68	1.313.453,00	109.412,51	583.533,39	547.062,56
01/2/1999	11.747.879,34	315.081,75	3.616.815,30	1.239.073,00	66,80	64,80	80.929,10	0,64	1.362.398,00	113.489,70	605.278,40	567.448,50
01/3/1999	13.180.893,96	353.515,64	4.057.996,99	1.390.216,00	73,60	149,70	88.802,60	1,22	1.381.814,00	115.107,08	613.904,43	575.535,40
01/4/1999	12.642.078,26	339.064,44	3.892.112,00	1.333.386,00	72,90	325,70	87.739,00	0,78	1.053.783,00	87.781,63	468.168,69	438.908,15
01/5/1999	13.469.444,32	361.254,65	4.146.832,88	1.420.650,00	75,20	374,40	89.223,00	0,51	1.358.762,00	113.186,82	603.663,02	565.934,08
01/6/1999	13.721.283,53	368.009,06	4.224.366,53	1.447.212,00	69,20	280,90	91.746,90	-0,02	1.795.677,00	149.582,46	797.773,12	747.912,30
01/7/1999	13.726.811,06	368.157,31	4.226.068,29	1.447.795,00	80,30	259,60	91.230,40	0,79	2.419.063,00	201.511,40	1.074.727,49	1.007.557,02
01/8/1999	14.110.050,01	378.435,90	4.344.055,92	1.488.216,00	63,80	183,30	92.283,40	0,81	2.550.660,00	212.473,62	1.133.192,65	1.062.368,11
01/9/1999	12.858.163,93	344.859,92	3.958.638,21	1.356.177,00	64,40	191,70	90.611,80	0,47	2.692.668,00	224.303,09	1.196.283,15	1.121.515,46
01/10/1999	13.577.766,85	364.159,90	4.180.182,10	1.432.075,00	62,50	132,00	95.872,40	0,80	2.867.630,00	238.877,68	1.274.014,27	1.194.388,38
01/11/1999	13.375.760,74	358.742,03	4.117.990,55	1.410.769,00	55,50	97,40	99.563,10	0,99	2.166.517,00	180.473,96	962.527,79	902.369,81
01/12/1999	15.057.229,79	403.839,55	4.635.663,81	1.588.117,00	73,20	88,70	98.772,50	0,91	1.437.876,00	119.777,12	638.811,33	598.885,62
01/1/2000	12.709.694,42	340.369,89	3.915.526,33	1.320.999,00	53,10	47,10	92.576,60	0,65	1.613.857,00	142.266,94	725.926,16	683.975,65
01/2/2000	13.111.247,95	351.123,63	4.039.234,53	1.362.735,00	72,00	54,60	91.770,40	0,34	1.541.496,00	135.888,07	693.377,59	653.308,03
01/3/2000	13.565.198,94	363.280,59	4.179.085,03	1.409.917,00	71,00	156,40	92.579,90	0,09	1.306.271,00	115.152,19	587.571,44	553.616,31
01/4/2000	12.511.592,37	335.064,65	3.854.496,25	1.300.409,00	85,00	353,40	91.376,20	0,47	1.116.490,00	98.422,36	502.206,39	473.184,41
01/5/2000	14.538.641,04	389.349,69	4.478.977,23	1.511.093,00	80,40	390,60	98.727,00	0,09	1.342.309,00	118.329,06	603.781,63	568.889,73
01/6/2000	14.002.399,29	374.988,96	4.313.775,09	1.455.358,00	70,80	387,70	102.685,40	0,08	1.705.861,00	150.377,40	767.310,31	722.968,26
01/7/2000	13.861.062,76	371.203,92	4.270.232,98	1.440.668,00	76,20	393,50	103.410,40	0,78	2.279.621,00	200.956,28	1.025.392,28	966.135,95
01/8/2000	14.622.702,12	391.600,88	4.504.874,26	1.519.830,00	70,50	439,30	105.177,80	1,99	2.667.406,00	235.140,83	1.199.821,17	1.130.484,77
01/9/2000	13.187.352,23	353.161,73	4.062.680,28	1.370.645,00	74,60	212,30	100.307,60	0,45	3.095.265,00	272.858,05	1.392.275,67	1.311.817,53
01/10/2000	13.977.788,07	374.329,86	4.306.193,01	1.452.800,00	66,90	174,50	106.951,10	0,18	3.400.364,00	299.753,55	1.529.511,71	1.441.122,84
01/11/2000	13.876.601,12	371.620,04	4.275.019,94	1.442.283,00	71,80	123,30	107.678,00	0,17	2.731.701,00	240.808,65	1.228.741,59	1.157.733,91
01/12/2000	14.420.790,04	386.193,61	4.442.670,40	1.498.844,00	70,80	68,60	105.851,60	0,60	1.715.545,00	151.231,08	771.666,26	727.072,48
01/1/2001	13.645.438,16	364.943,19	4.199.245,78	1.467.850,00	62,50	101,20	102.530,70	0,63	1.720.856,00	155.622,51	794.073,86	748.185,17
01/2/2001	11.872.939,58	317.538,24	3.653.777,24	1.277.181,00	58,00	86,60	101.635,30	0,50	1.739.161,00	157.277,89	802.520,54	756.143,72
01/3/2001	14.613.340,69	390.829,45	4.497.108,01	1.571.968,00	59,00	233,80	108.303,80	0,36	1.499.974,00	135.647,45	692.149,80	652.151,20
01/4/2001	13.112.282,07	350.684,09	4.035.172,38	1.410.498,00	62,80	400,10	107.572,00	0,50	1.377.007,00	124.527,15	635.407,76	598.688,22
01/5/2001	14.760.676,28	394.769,90	4.542.449,05	1.587.817,00	63,30	519,00	111.202,20	0,49	2.192.847,00	198.306,17	1.011.869,95	953.395,05

01/6/2001	14.061.601,48	376.073,35	4.327.315,84	1.512.617,00	48,00	533,40	104.949,40	0,38	2.578.738,00	233.203,53	1.189.935,96	1.121.170,81
01/7/2001	14.314.235,22	382.829,97	4.405.061,32	1.539.793,00	48,10	421,50	110.758,90	0,94	2.745.061,00	248.244,65	1.266.684,24	1.193.483,90
01/8/2001	15.901.980,97	425.293,75	4.893.674,04	1.710.588,00	61,80	526,10	113.064,70	1,18	3.117.602,00	281.934,73	1.438.590,01	1.355.455,41
01/9/2001	14.013.354,16	374.782,99	4.312.468,21	1.507.427,00	54,90	401,60	108.700,80	0,38	3.421.724,00	309.437,45	1.578.924,43	1.487.680,05
01/10/2001	15.527.371,70	415.274,94	4.778.391,82	1.670.291,00	66,90	279,40	116.139,00	0,37	3.391.235,00	306.680,23	1.564.855,55	1.474.424,20
01/11/2001	14.446.008,96	386.354,22	4.445.613,36	1.553.968,00	60,40	163,80	117.882,00	0,99	2.725.334,00	246.460,67	1.257.581,39	1.184.907,09
01/12/2001	15.118.431,53	404.337,96	4.652.544,61	1.626.301,00	59,80	143,50	113.016,70	0,55	1.816.716,00	164.291,44	838.307,61	789.862,70
01/1/2002	14.311.723,09	367.940,20	4.470.616,68	1.602.685,00	47,90	95,20	112.374,80	0,62	1.851.580,00	164.630,11	840.035,71	791.490,93
01/2/2002	13.189.563,48	339.090,59	4.120.082,69	1.477.021,00	50,80	103,40	111.477,10	0,44	1.722.542,00	153.156,92	781.492,99	736.331,34
01/3/2002	13.255.260,33	340.779,59	4.140.604,70	1.484.378,00	74,30	188,40	118.444,70	0,40	1.691.793,00	150.422,92	767.542,61	723.187,13
01/4/2002	13.806.115,46	354.941,53	4.312.677,78	1.546.065,00	63,10	343,20	120.385,90	0,78	1.531.578,00	136.177,68	694.855,32	654.700,37
01/5/2002	14.852.639,31	381.846,62	4.639.585,09	1.663.259,00	49,80	273,70	123.552,50	0,42	2.370.133,00	210.736,38	1.075.295,89	1.013.155,67
01/6/2002	14.362.274,92	369.239,84	4.486.407,78	1.608.346,00	44,30	263,50	123.424,40	0,33	2.451.284,00	217.951,78	1.112.112,95	1.047.845,12
01/7/2002	15.093.825,40	388.047,28	4.714.925,46	1.690.268,00	71,00	526,10	126.856,60	0,77	2.600.812,00	231.246,81	1.179.951,70	1.111.763,53
01/8/2002	15.059.606,25	387.167,54	4.704.236,28	1.686.436,00	51,30	395,00	127.800,10	1,00	3.450.239,00	306.772,18	1.565.324,74	1.474.866,27
01/9/2002	14.818.000,45	380.956,09	4.628.764,80	1.659.380,00	74,70	869,10	125.137,80	0,62	3.422.926,00	304.343,70	1.552.933,21	1.463.190,84
01/10/2002	16.367.283,31	420.786,62	5.112.721,18	1.832.875,00	55,40	475,30	133.125,40	0,90	3.597.133,00	319.833,02	1.631.968,47	1.537.658,74
01/11/2002	16.280.753,15	418.562,01	5.085.691,37	1.823.185,00	56,00	213,80	135.966,60	2,08	2.753.969,00	244.864,51	1.249.436,86	1.177.233,23
01/12/2002	16.521.528,47	424.752,11	5.160.903,43	1.850.148,00	63,60	190,50	130.241,20	3,05	1.811.786,00	161.091,90	821.981,74	774.480,28
01/1/2003	15.705.892,79	403.581,62	4.917.619,21	1.806.771,00	61,10	114,60	127.177,50	1,98	1.996.938,00	182.107,05	929.212,91	875.514,67
01/2/2003	15.015.206,64	385.833,62	4.701.360,79	1.727.316,00	87,80	95,30	131.373,60	2,19	1.718.963,00	156.757,64	799.865,90	753.642,49
01/3/2003	15.475.420,68	397.659,37	4.845.456,86	1.780.258,00	74,30	348,00	138.690,50	1,14	1.614.056,00	147.190,84	751.050,69	707.648,27
01/4/2003	14.588.129,54	374.859,36	4.567.640,12	1.678.186,00	68,30	669,30	141.388,10	1,14	1.742.537,00	158.907,43	810.835,33	763.978,01
01/5/2003	15.572.936,47	400.165,15	4.875.989,70	1.791.476,00	77,30	793,30	139.605,80	0,85	2.314.852,00	211.098,63	1.077.144,29	1.014.897,26
01/6/2003	14.452.426,30	371.372,31	4.525.150,53	1.662.575,00	74,80	607,50	137.993,40	0,22	2.579.563,00	235.238,46	1.200.319,31	1.130.954,12
01/7/2003	15.182.134,41	390.123,03	4.753.626,99	1.746.519,00	73,20	490,60	145.970,60	-0,18	2.953.940,00	269.379,07	1.374.523,98	1.295.091,69
01/8/2003	14.966.292,27	384.576,71	4.686.045,38	1.721.689,00	75,50	637,70	144.819,40	0,27	3.635.812,00	331.561,12	1.691.811,88	1.594.043,86
01/9/2003	15.851.253,74	407.316,84	4.963.132,69	1.823.493,00	87,30	612,10	148.559,80	0,57	3.579.249,00	326.402,97	1.665.492,05	1.569.245,03
01/10/2003	17.452.553,80	448.464,16	5.464.510,36	2.007.703,00	78,70	654,60	154.925,90	0,66	3.822.892,00	348.621,54	1.778.863,74	1.676.065,08

01/11/2003	15.989.590,90	410.871,58	5.006.446,97	1.839.407,00	56,30	262,60	153.644,40	0,17	2.817.855,00	256.969,05	1.311.201,07	1.235.428,14
01/12/2003	17.898.555,11	459.924,69	5.604.156,33	2.059.010,00	69,60	212,80	153.801,40	0,46	1.923.740,00	175.431,90	895.152,50	843.422,58
01/1/2004	15.136.913,51	389.353,63	4.739.911,29	1.993.502,00	36,50	237,40	144.558,60	0,68	2.175.907,00	198.427,80	1.012.490,56	953.979,80
01/2/2004	13.920.168,08	358.056,35	4.358.904,60	1.833.259,00	36,60	266,10	142.861,30	0,90	2.045.629,00	186.547,34	951.869,75	896.862,20
01/3/2004	16.282.245,57	418.814,01	5.098.555,90	2.144.340,00	77,60	644,50	157.363,50	0,40	1.669.626,00	152.258,44	776.908,46	732.011,74
01/4/2004	15.326.202,56	394.222,55	4.799.184,50	2.018.431,00	45,90	686,80	156.953,90	0,21	1.755.497,00	160.089,29	816.865,86	769.660,04
01/5/2004	16.375.276,56	421.206,96	5.127.687,24	2.156.592,00	47,70	847,60	159.498,90	0,54	2.629.361,00	239.779,69	1.223.491,26	1.152.786,99
01/6/2004	17.092.037,36	439.643,58	5.352.130,79	2.250.988,00	62,20	1.187,80	165.342,20	0,56	2.682.830,00	244.655,70	1.248.371,39	1.176.229,32
01/7/2004	17.512.651,03	450.462,66	5.483.840,04	2.306.382,00	36,60	790,80	171.370,90	0,93	3.262.552,00	297.522,37	1.518.126,97	1.430.396,01
01/8/2004	17.803.672,80	457.948,35	5.574.969,41	2.344.709,00	44,50	707,50	169.178,90	0,79	3.606.064,00	328.848,31	1.677.969,58	1.581.001,49
01/9/2004	17.303.991,90	445.095,50	5.418.501,37	2.278.902,00	59,30	794,80	164.702,50	0,49	3.914.292,00	356.956,59	1.821.393,88	1.716.137,45
01/10/2004	16.154.316,57	415.523,40	5.058.496,73	2.127.492,00	54,40	357,00	170.536,50	0,32	3.706.099,00	337.970,82	1.724.517,75	1.624.859,69
01/11/2004	16.653.131,85	428.353,99	5.214.693,71	2.193.185,00	52,80	225,00	176.921,50	0,63	2.772.825,00	252.862,63	1.290.247,76	1.215.685,70
01/12/2004	17.380.021,88	447.051,15	5.442.309,09	2.288.915,00	55,60	199,70	178.462,40	0,84	1.988.384,00	181.326,99	925.232,57	871.764,36
01/1/2005	15.469.441,76	400.011,54	4.843.565,55	2.177.100,00	55,00	167,80	163.540,10	0,68	1.994.142,00	177.305,77	904.714,08	852.431,61
01/2/2005	14.311.454,10	370.068,09	4.480.993,38	2.014.130,00	47,30	201,70	160.701,60	0,74	1.839.487,00	163.554,89	834.549,29	786.321,57
01/3/2005	16.024.276,79	414.358,56	5.017.287,39	2.255.185,00	82,40	522,50	175.468,70	0,35	1.760.519,00	156.533,58	798.722,62	752.565,28
01/4/2005	17.028.273,48	440.320,08	5.331.644,16	2.396.483,00	57,30	694,10	177.179,00	0,74	1.383.331,00	122.996,54	627.597,75	591.329,54
01/5/2005	17.149.941,41	443.466,19	5.369.739,05	2.413.606,00	53,40	616,70	177.496,70	0,83	2.066.726,00	183.759,46	937.644,42	883.458,93
01/6/2005	17.892.454,72	462.666,23	5.602.223,97	2.518.104,00	73,60	777,60	180.881,80	0,12	2.667.828,00	237.205,43	1.210.355,91	1.140.410,72
01/7/2005	17.797.418,30	460.208,76	5.572.467,55	2.504.729,00	54,80	728,70	184.073,70	0,11	3.257.788,00	289.660,73	1.478.012,43	1.392.599,66
01/8/2005	18.287.131,19	472.871,84	5.725.799,30	2.573.649,00	67,70	769,40	187.246,60	0,28	3.569.124,00	317.342,64	1.619.261,18	1.525.685,79
01/9/2005	16.481.119,51	426.171,68	5.160.327,31	2.319.479,00	50,80	658,40	181.538,90	0,16	3.754.797,00	333.851,45	1.703.498,40	1.605.055,03
01/10/2005	14.662.687,38	379.150,34	4.590.966,41	2.063.561,00	49,30	568,80	189.183,00	0,56	3.384.614,00	300.937,25	1.535.551,60	1.446.813,69
01/11/2005	16.398.759,36	424.041,99	5.134.539,90	2.307.888,00	65,20	472,10	194.794,50	0,78	2.503.545,00	222.598,48	1.135.823,03	1.070.185,02
01/12/2005	17.667.856,13	456.858,52	5.531.900,94	2.486.495,00	71,90	338,50	198.480,00	0,38	2.020.097,00	179.613,52	916.489,50	863.526,54
01/1/2006	15.464.987,58	399.530,51	4.836.368,35	2.378.163,00	53,80	268,20	185.564,80	0,51	2.129.366,00	189.328,99	966.063,30	910.235,52
01/2/2006	13.860.751,41	358.085,84	4.334.675,28	2.131.468,00	62,70	268,10	178.482,20	0,52	2.245.917,00	199.691,92	1.018.940,84	960.057,33
01/3/2006	16.723.028,17	432.031,38	5.229.795,61	2.571.621,00	69,50	720,30	190.223,30	0,37	1.823.711,00	162.152,19	827.391,94	779.577,83

01/4/2006	14.487.554,21	374.278,99	4.530.695,43	2.227.856,00	48,00	753,30	185.030,60	0,17	1.642.780,00	146.065,01	745.306,10	702.235,65
01/5/2006	17.454.189,72	450.920,59	5.458.451,89	2.684.057,00	57,60	823,10	197.874,30	0,27	2.353.852,00	209.288,78	1.067.909,43	1.006.196,07
01/6/2006	17.005.924,40	439.339,87	5.318.265,80	2.615.124,00	39,90	636,30	199.071,90	-0,15	2.986.298,00	265.521,65	1.354.841,25	1.276.546,41
01/7/2006	16.759.568,04	432.975,37	5.241.222,73	2.577.240,00	59,80	1.129,50	206.974,40	-0,02	3.346.162,00	297.518,35	1.518.106,47	1.430.376,70
01/8/2006	17.965.819,42	464.138,29	5.618.453,94	2.762.734,00	77,40	822,30	209.818,00	0,19	3.924.053,00	348.900,56	1.780.287,46	1.677.406,53

## ANEXO B - VAR AJUSTADO NA FORMA DE EQUAÇÃO

VAR Model:

$$\begin{aligned} D(\text{ANI}) = & C(1,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(1,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(1,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(1,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(1,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(1,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(1,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(1,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(1,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(1,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(1,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \\ & C(1,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(1,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(1,14)*D(\text{LIX}(-2)) + C(1,15)*D(\text{MDA}(-1)) \\ & + C(1,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(1,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{PIB}) = & C(2,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(2,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(2,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(2,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(2,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(2,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(2,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(2,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(2,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(2,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(2,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \\ & C(2,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(2,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(2,14)*D(\text{LIX}(-2)) + C(2,15)*D(\text{MDA}(-1)) \\ & + C(2,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(2,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{SAGR}) = & C(3,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(3,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(3,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(3,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(3,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(3,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(3,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(3,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(3,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(3,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(3,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \\ & C(3,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(3,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(3,14)*D(\text{LIX}(-2)) + C(3,15)*D(\text{MDA}(-1)) \\ & + C(3,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(3,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{FE}) = & C(4,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(4,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(4,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(4,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(4,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(4,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(4,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(4,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(4,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(4,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(4,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \\ & C(4,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(4,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(4,14)*D(\text{LIX}(-2)) + C(4,15)*D(\text{MDA}(-1)) \\ & + C(4,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(4,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{DEPAT}) = & C(5,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(5,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(5,3)*D(\text{PIB}(-1)) + \\ & C(5,4)*D(\text{PIB}(-2)) + C(5,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(5,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(5,7)*D(\text{FE}(-1)) + \\ & C(5,8)*D(\text{FE}(-2)) + C(5,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(5,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(5,11)*D(\text{CFERT}(-1)) \\ & + C(5,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(5,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(5,14)*D(\text{LIX}(-2)) + \\ & C(5,15)*D(\text{MDA}(-1)) + C(5,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(5,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{CFERT}) = & C(6,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(6,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(6,3)*D(\text{PIB}(-1)) + \\ & C(6,4)*D(\text{PIB}(-2)) + C(6,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(6,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(6,7)*D(\text{FE}(-1)) + \\ & C(6,8)*D(\text{FE}(-2)) + C(6,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(6,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(6,11)*D(\text{CFERT}(-1)) \\ & + C(6,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(6,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(6,14)*D(\text{LIX}(-2)) + \\ & C(6,15)*D(\text{MDA}(-1)) + C(6,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(6,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{LIX}) = & C(7,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(7,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(7,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(7,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(7,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(7,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(7,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(7,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(7,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(7,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(7,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \\ & C(7,12)*D(\text{CFERT}(-2)) + C(7,13)*D(\text{LIX}(-1)) + C(7,14)*D(\text{LIX}(-2)) + C(7,15)*D(\text{MDA}(-1)) \\ & + C(7,16)*D(\text{MDA}(-2)) + C(7,17) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(\text{MDA}) = & C(8,1)*D(\text{ANI}(-1)) + C(8,2)*D(\text{ANI}(-2)) + C(8,3)*D(\text{PIB}(-1)) + C(8,4)*D(\text{PIB}(-2)) \\ & + C(8,5)*D(\text{SAGR}(-1)) + C(8,6)*D(\text{SAGR}(-2)) + C(8,7)*D(\text{FE}(-1)) + C(8,8)*D(\text{FE}(-2)) + \\ & C(8,9)*D(\text{DEPAT}(-1)) + C(8,10)*D(\text{DEPAT}(-2)) + C(8,11)*D(\text{CFERT}(-1)) + \end{aligned}$$

$$C(8,12)*D(CFERT(-2)) + C(8,13)*D(LIX(-1)) + C(8,14)*D(LIX(-2)) + C(8,15)*D(MDA(-1)) + C(8,16)*D(MDA(-2)) + C(8,17)$$

VAR Model - Substituted Coefficients:

$$\begin{aligned} D(ANI) = & -0.92407757642*D(ANI(-1)) + 0.807755542403*D(ANI(-2)) + \\ & 9.22384450718*D(PIB(-1)) + 6.72618337931*D(PIB(-2)) + 5.9052163924*D(SAGR(-1)) - \\ & 6.72462492134*D(SAGR(-2)) - 2.38650471547*D(FE(-1)) + 2.4151086934*D(FE(-2)) + \\ & 27.605233432*D(DEPAT(-1)) - 16.467935358*D(DEPAT(-2)) - 1.00572476709*D(CFERT(-1)) + \\ & 0.327090768966*D(CFERT(-2)) - 27.056116898*D(LIX(-1)) + \\ & 16.8101963552*D(LIX(-2)) + 21.7911838601*D(MDA(-1)) - 17.5105021694*D(MDA(-2)) \\ & + 3325.89327522 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(PIB) = & -0.0276093843497*D(ANI(-1)) + 0.0267902008932*D(ANI(-2)) + \\ & 0.139492996065*D(PIB(-1)) - 0.161308101445*D(PIB(-2)) + 0.0902170093035*D(SAGR(-1)) + \\ & 0.0902676882041*D(SAGR(-2)) - 0.0350599317238*D(FE(-1)) - \\ & 0.0430598265913*D(FE(-2)) + 0.773039323699*D(DEPAT(-1)) + \\ & 0.126179919541*D(DEPAT(-2)) - 0.028485057417*D(CFERT(-1)) - \\ & 0.0166987736654*D(CFERT(-2)) - 0.751302068517*D(LIX(-1)) - \\ & 0.0893430730033*D(LIX(-2)) + 0.314820512529*D(MDA(-1)) + \\ & 0.435755141548*D(MDA(-2)) + 1242.44724018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(SAGR) = & -1.38914445736*D(ANI(-1)) + 1.59608029503*D(ANI(-2)) + \\ & 25.9736769184*D(PIB(-1)) + 21.2749636854*D(PIB(-2)) + 12.6725282317*D(SAGR(-1)) - \\ & 12.7928105071*D(SAGR(-2)) - 5.13451827283*D(FE(-1)) + 4.42386643023*D(FE(-2)) + \\ & 39.8554807935*D(DEPAT(-1)) - 41.5522229886*D(DEPAT(-2)) - \\ & 3.2359816816*D(CFERT(-1)) + 0.28303717797*D(CFERT(-2)) - 34.9480186323*D(LIX(-1)) + \\ & 43.9725531938*D(LIX(-2)) + 41.9681456531*D(MDA(-1)) - \\ & 28.9347383584*D(MDA(-2)) - 24747.6181128 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(FE) = & -4.35171408433*D(ANI(-1)) + 5.17332362462*D(ANI(-2)) + \\ & 85.0167509694*D(PIB(-1)) + 68.6140616412*D(PIB(-2)) + 41.2246323525*D(SAGR(-1)) - \\ & 40.8237534337*D(SAGR(-2)) - 16.6928944802*D(FE(-1)) + 14.0853815115*D(FE(-2)) + \\ & 126.626816909*D(DEPAT(-1)) - 133.29010119*D(DEPAT(-2)) - \\ & 10.5359192099*D(CFERT(-1)) + 1.0253238389*D(CFERT(-2)) - 110.433732787*D(LIX(-1)) + \\ & 140.803110415*D(LIX(-2)) + 135.587426287*D(MDA(-1)) - \\ & 91.5315666671*D(MDA(-2)) - 85724.9180813 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(DEPAT) = & -0.159095052665*D(ANI(-1)) + 0.278696099539*D(ANI(-2)) - \\ & 8.35297176552*D(PIB(-1)) + 11.0435395388*D(PIB(-2)) - 1.2303539846*D(SAGR(-1)) + \\ & 7.51798255491*D(SAGR(-2)) + 0.698168755632*D(FE(-1)) - 3.33266976834*D(FE(-2)) + \\ & 13.4671772956*D(DEPAT(-1)) + 4.47507780026*D(DEPAT(-2)) - \\ & 0.00141669621227*D(CFERT(-1)) - 0.756269064766*D(CFERT(-2)) - \\ & 13.8017395013*D(LIX(-1)) - 3.13074381108*D(LIX(-2)) - 9.47513328673*D(MDA(-1)) + \\ & 37.3270455886*D(MDA(-2)) - 139.581620307 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(CFERT) = & -0.335082984994*D(ANI(-1)) + 0.627050167986*D(ANI(-2)) - \\ & 18.0889027492*D(PIB(-1)) + 24.4037548462*D(PIB(-2)) - 3.00554157817*D(SAGR(-1)) + \\ & 16.4984947336*D(SAGR(-2)) + 1.64986712628*D(FE(-1)) - 7.31875475439*D(FE(-2)) + \\ & 29.2517120272*D(DEPAT(-1)) + 9.56551632607*D(DEPAT(-2)) + \end{aligned}$$

$$0.265239157712 * D(CFERT(-1)) - 1.65295986662 * D(CFERT(-2)) - 30.5868967373 * D(LIX(-1)) - 6.62074821522 * D(LIX(-2)) - 21.7528449251 * D(MDA(-1)) + 82.0316161551 * D(MDA(-2)) - 1177.50455534$$

$$D(LIX) = - 0.147677235121 * D(ANI(-1)) + 0.264450023893 * D(ANI(-2)) - 7.86087027479 * D(PIB(-1)) + 10.4123522233 * D(PIB(-2)) - 1.17553104754 * D(SAGR(-1)) + 7.06524811666 * D(SAGR(-2)) + 0.664521671252 * D(FE(-1)) - 3.13254187394 * D(FE(-2)) + 12.4023635658 * D(DEPAT(-1)) + 4.03037020672 * D(DEPAT(-2)) - 0.00947113876091 * D(CFERT(-1)) - 0.70866268089 * D(CFERT(-2)) - 12.6815601734 * D(LIX(-1)) - 2.76108455071 * D(LIX(-2)) - 8.99938597118 * D(MDA(-1)) + 35.0898397251 * D(MDA(-2)) - 158.46702968$$

$$D(MDA) = - 0.108201877258 * D(ANI(-1)) + 0.137052847698 * D(ANI(-2)) + 2.29813586834 * D(PIB(-1)) + 1.80365405646 * D(PIB(-2)) + 1.0845861158 * D(SAGR(-1)) - 1.04660131059 * D(SAGR(-2)) - 0.437693912162 * D(FE(-1)) + 0.358973520376 * D(FE(-2)) + 3.18911759729 * D(DEPAT(-1)) - 3.4981400648 * D(DEPAT(-2)) - 0.284654372684 * D(CFERT(-1)) + 0.030950126192 * D(CFERT(-2)) - 2.73594683234 * D(LIX(-1)) + 3.68640579018 * D(LIX(-2)) + 3.47867416854 * D(MDA(-1)) - 2.28987917156 * D(MDA(-2)) - 2543.37560975$$

## **APÊNDICES**

### APÊNDICE A - COEFICIENTES DO MODELO VAR AJUSTADO

	D(ANI)	D(PIB)	D(SAGR)	D(FE)	D(DEPAT)	D(CFERT)	D(LIX)	D(MDA)
D(ANI(-1))	-0.924078 (0.29264) [-3.15771]	-0.027609 (0.01033) [-2.67254]	-1.389144 (0.77691) [-1.78804]	-4.351714 (2.50134) [-1.73975]	-0.159095 (0.53335) [-0.29830]	-0.335083 (1.17435) [-0.28533]	-0.147677 (0.50220) [-0.29406]	-0.108202 (0.06575) [-1.64559]
D(ANI(-2))	0.807756 (0.31085) [ 2.59857]	0.026790 (0.01097) [ 2.44137]	1.596080 (0.82524) [ 1.93408]	5.173324 (2.65695) [ 1.94709]	0.278696 (0.56653) [ 0.49194]	0.627050 (1.24741) [ 0.50268]	0.264450 (0.53344) [ 0.49574]	0.137053 (0.06984) [ 1.96229]
D(PIB(-1))	9.223845 (2.96130) [ 3.11480]	0.139493 (0.10454) [ 1.33436]	25.97368 (7.86169) [ 3.30383]	85.01675 (25.3115) [ 3.35882]	-8.352972 (5.39704) [-1.54769]	-18.08890 (11.8835) [-1.52218]	-7.860870 (5.08188) [-1.54684]	2.298136 (0.66536) [ 3.45395]
D(PIB(-2))	6.726183 (3.17809) [ 2.11642]	-0.161308 (0.11219) [-1.43778]	21.27496 (8.43725) [ 2.52155]	68.61406 (27.1646) [ 2.52586]	11.04354 (5.79216) [ 1.90664]	24.40375 (12.7535) [ 1.91349]	10.41235 (5.45393) [ 1.90915]	1.803654 (0.71408) [ 2.52586]
D(SAGR(-1))	5.905216 (4.49758) [ 1.31298]	0.090217 (0.15877) [ 0.56822]	12.67253 (11.9403) [ 1.06133]	41.22463 (38.4429) [ 1.07236]	-1.230354 (8.19697) [-0.15010]	-3.005542 (18.0486) [-0.16653]	-1.175531 (7.71831) [-0.15230]	1.084586 (1.01055) [ 1.07326]
D(SAGR(-2))	-6.724625 (4.40479) [-1.52666]	0.090268 (0.15550) [ 0.58051]	-12.79281 (11.6939) [-1.09397]	-40.82375 (37.6497) [-1.08430]	7.517983 (8.02785) [ 0.93649]	16.49849 (17.6762) [ 0.93337]	7.065248 (7.55907) [ 0.93467]	-1.046601 (0.98970) [-1.05749]
D(FE(-1))	-2.386505 (1.90319) [-1.25395]	-0.035060 (0.06719) [-0.52183]	-5.134518 (5.05262) [-1.01621]	-16.69289 (16.2674) [-1.02615]	0.698169 (3.46862) [ 0.20128]	1.649867 (7.63740) [ 0.21602]	0.664522 (3.26607) [ 0.20346]	-0.437694 (0.42762) [-1.02355]
D(FE(-2))	2.415109 (1.86794) [ 1.29293]	-0.043060 (0.06594) [-0.65300]	4.423866 (4.95903) [ 0.89208]	14.08538 (15.9661) [ 0.88220]	-3.332670 (3.40437) [-0.97894]	-7.318755 (7.49594) [-0.97636]	-3.132542 (3.20557) [-0.97722]	0.358974 (0.41970) [ 0.85531]
D(DEPAT(-1))	27.60523 (18.3983)	0.773039 (0.64949)	39.85548 (48.8442)	126.6268 (157.259)	13.46718 (33.5315)	29.25171 (73.8315)	12.40236 (31.5734)	3.189118 (4.13387)

	[ 1.50042]	[ 1.19022]	[ 0.81597]	[ 0.80521]	[ 0.40163]	[ 0.39620]	[ 0.39281]	[ 0.77146]
D(DEPAT(-2))	-16.46794 (18.6640) [-0.88234]	0.126180 (0.65887) [ 0.19151]	-41.55222 (49.5495) [-0.83860]	-133.2901 (159.530) [-0.83552]	4.475078 (34.0157) [ 0.13156]	9.565516 (74.8977) [ 0.12771]	4.030370 (32.0293) [ 0.12583]	-3.498140 (4.19356) [-0.83417]
D(CFERT(-1))	-1.005725 (0.81008) [-1.24151]	-0.028485 (0.02860) [-0.99607]	-3.235982 (2.15062) [-1.50467]	-10.53592 (6.92415) [-1.52162]	-0.001417 (1.47640) [-0.00096]	0.265239 (3.25082) [ 0.08159]	-0.009471 (1.39019) [-0.00681]	-0.284654 (0.18202) [-1.56390]
D(CFERT(-2))	0.327091 (0.81776) [ 0.39998]	-0.016699 (0.02887) [-0.57844]	0.283037 (2.17101) [ 0.13037]	1.025324 (6.98979) [ 0.14669]	-0.756269 (1.49040) [-0.50743]	-1.652960 (3.28164) [-0.50370]	-0.708663 (1.40336) [-0.50497]	0.030950 (0.18374) [ 0.16844]
D(LIX(-1))	-27.05612 (19.0317) [-1.42163]	-0.751302 (0.67185) [-1.11826]	-34.94802 (50.5256) [-0.69169]	-110.4337 (162.672) [-0.67887]	-13.80174 (34.6858) [-0.39791]	-30.58690 (76.3732) [-0.40049]	-12.68156 (32.6603) [-0.38829]	-2.735947 (4.27618) [-0.63981]
D(LIX(-2))	16.81020 (19.3134) [ 0.87039]	-0.089343 (0.68180) [-0.13104]	43.97255 (51.2736) [ 0.85761]	140.8031 (165.081) [ 0.85294]	-3.130744 (35.1992) [-0.08894]	-6.620748 (77.5037) [-0.08542]	-2.761085 (33.1438) [-0.08331]	3.686406 (4.33948) [ 0.84950]
D(MDA(-1))	21.79118 (20.3827) [ 1.06910]	0.314821 (0.71955) [ 0.43753]	41.96815 (54.1124) [ 0.77557]	135.5874 (174.220) [ 0.77825]	-9.475133 (37.1481) [-0.25506]	-21.75284 (81.7948) [-0.26594]	-8.999386 (34.9788) [-0.25728]	3.478674 (4.57973) [ 0.75958]
D(MDA(-2))	-17.51050 (20.2625) [-0.86418]	0.435755 (0.71530) [ 0.60919]	-28.93474 (53.7931) [-0.53789]	-91.53157 (173.193) [-0.52850]	37.32705 (36.9289) [ 1.01078]	82.03162 (81.3122) [ 1.00885]	35.08984 (34.7725) [ 1.00913]	-2.289879 (4.55272) [-0.50297]
C	3325.893 (11894.3) [ 0.27962]	1242.447 (419.888) [ 2.95900]	-24747.62 (31577.0) [-0.78372]	-85724.92 (101666.) [-0.84320]	-139.5816 (21677.6) [-0.00644]	-1177.505 (47731.0) [-0.02467]	-158.4670 (20411.7) [-0.00776]	-2543.376 (2672.49) [-0.95169]