

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**  
**NÍVEL MESTRADO**

**GUSTAVO RINALDI DO AMARAL**

**O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL:**  
**A mitigação das emissões através dos investimentos do Plano ABC**

**Porto Alegre**

**2023**

**GUSTAVO RINALDI DO AMARAL**

**O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL:**

**A mitigação das emissões através dos investimentos do Plano ABC**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Janaína Ruffoni

**Porto Alegre**

**2023**

A485p

Amaral, Gustavo Rinaldi do.

O Plano ABC no Rio Grande do Sul: a mitigação das emissões através dos investimentos do Plano ABC / por Gustavo Rinaldi do Amaral. – Porto Alegre, 2023.

73 f.: il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, RS, 2023.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Janaína Ruffoni, Escola de Gestão e Negócios.

1.Economia ambiental. 2.Desenvolvimento sustentável – Rio Grande do Sul. 3.Gestão ambiental – Aspectos econômicos. 4.Agropecuária – Rio Grande do Sul. 5.Inovações tecnológicas – Aspectos econômicos. 6.Mercado de emissão de carbono. I.Ruffoni, Janaína. II.Título.

CDU 330.34:574

504:33

GUSTAVO RINALDI DO AMARAL

**O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL:  
A mitigação das emissões através dos investimentos do Plano ABC**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovado em 25 / 09 / 2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Janaína Ruffoni (Orientadora) - UNISINOS

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gisele Spricigo - UNISINOS

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raquel Pereira Pontes - UNISINOS

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daniela Callegaro - UFRGS

## RESUMO

Esta dissertação investiga as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário do estado do Rio Grande do Sul, analisando as correlações entre os investimentos do Plano ABC (Plano Agricultura de Baixo Carbono) e as variações nas emissões ao longo do tempo. Utilizando dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e integrando informações de diversas fontes públicas, incluindo emissões, investimentos do Plano ABC, valor agregado bruto, produção agrícola municipal e rebanho efetivo, esta pesquisa buscou entender a eficácia do Plano ABC em mitigar as emissões atmosféricas. A metodologia adotada envolveu a localização, identificação e organização de diversos dados, compostos por informações relevantes. Para identificar as cidades que mais emitiram no ano de 2019, último ano do Plano ABC, os dados foram segmentados em amostras de 10 cidades, levando em consideração diferentes culturas agrícolas e classes de animais. Além disso, foi realizada uma análise comparativa das emissões, segmentada entre Agricultura e Pecuária, entre as cidades que se beneficiaram dos créditos disponibilizados pelo Plano ABC e aquelas que não o fizeram. Ao examinar as correlações entre os investimentos do Plano ABC e as emissões ao longo do período do plano, esta pesquisa busca oferecer uma compreensão mais abrangente das implicações das ações de no contexto agropecuário. Os resultados destacam a complexidade das interações entre diferentes fatores e apontam para a necessidade contínua de pesquisa e monitoramento para avaliar plenamente o impacto dessas iniciativas na redução das emissões de GEE no estado do Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** emissões; agricultura; pecuária; Plano ABC.

## ABSTRACT

This dissertation investigates greenhouse gas emissions (GHG) in the agricultural sector of the state of Rio Grande do Sul, analyzing the correlations between investments from the Low Carbon Agriculture Plan (Plano Agricultura de Baixo Carbono or Plano ABC) and variations in emissions over time. Using data from the Greenhouse Gas Emissions Estimates System (SEEG) and integrating information from various public sources, including emissions, Plano ABC investments, gross value added, municipal agricultural production, and effective livestock, this research sought to understand the effectiveness of the Plano ABC in mitigating atmospheric emissions. The adopted methodology involved the location, identification, and organization of various data, composed of relevant information. To identify the cities that emitted the most in 2019, the last year of the Plano ABC, the data was segmented into samples of 10 cities, taking into account different agricultural crops and animal classes. Furthermore, a comparative analysis of emissions was conducted, segmented between Agriculture and Livestock, between the cities that benefited from the credits made available by the Plano ABC and those that did not. By examining the correlations between Plano ABC investments and emissions over the plan's duration, this research aims to provide a more comprehensive understanding of the implications of actions in the agricultural context. The results highlight the complexity of interactions between different factors and point to the ongoing need for research and monitoring to fully assess the impact of these initiatives on reducing GHG emissions in the state of Rio Grande do Sul.

**Keywords:** emissions; agriculture; livestock; ABC Plan

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efeito Estufa.....	24
Figura 2 – Fermentação Entérica.....	29

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Investimento Soja.....	33
Gráfico 2 – VAB Soja .....	33
Gráfico 3 – Emissões Soja.....	34
Gráfico 4 – PAM Soja .....	34
Gráfico 5 – Investimento Milho .....	35
Gráfico 6 – VAB Milho.....	36
Gráfico 7 – Emissões Milho .....	36
Gráfico 8 – PAM Milho .....	37
Gráfico 9 – Investimento Trigo .....	38
Gráfico 10 – VAB Trigo.....	38
Gráfico 11 – Emissões Trigo .....	39
Gráfico 12 – PAM Trigo .....	39
Gráfico 13 – Investimento Arroz.....	40
Gráfico 14 – VAB Arroz .....	40
Gráfico 15 – Emissões Arroz.....	41
Gráfico 16 – PAM Arroz .....	41
Gráfico 17 – Investimento Suíno – Manejo Dejeito de Animais.....	43
Gráfico 18 – VAB Suíno – Manejo Dejeito de Animais .....	43
Gráfico 19 – Emissões Suíno – Manejo Dejeito de Animais .....	44
Gráfico 20 – Rebanho Efetivo Suíno – Manejo Dejeito de Animais .....	44
Gráfico 21 – VAB Aves – Manejo Dejeito de Animais .....	45
Gráfico 22 – Emissões Aves – Manejo Dejeito de Animais .....	45
Gráfico 23 – Rebanho Efetivo Aves – Manejo Dejeito de Animais.....	45
Gráfico 24 – Investimento Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais .....	46
Gráfico 25 – VAB Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais.....	47
Gráfico 26 – Emissões Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais .....	47
Gráfico 27 – Rebanho Efetivo Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais .....	47
Gráfico 28 – Investimento Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais .....	48
Gráfico 29 – VAB Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais .....	49
Gráfico 30 – Emissões Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais .....	49
Gráfico 31 – Rebanho Efetivo Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais .....	49
Gráfico 32 – Investimento Suíno – Fermentação Entérica.....	51

Gráfico 33 – VAB Suíno – Fermentação Entérica .....	51
Gráfico 34 – Emissões Suíno – Fermentação Entérica .....	52
Gráfico 35 – Rebanho Efetivo Suíno – Fermentação Entérica.....	52
Gráfico 36 – Investimento Ovino – Fermentação Entérica .....	53
Gráfico 37 – VAB Ovino – Fermentação Entérica .....	53
Gráfico 38 – Emissões Ovino – Fermentação Entérica.....	53
Gráfico 39 – Rebanho Efetivo Ovino – Fermentação Entérica.....	54
Gráfico 40 – VAB Gado de Leite – Fermentação Entérica.....	55
Gráfico 41 – Emissões Gado de Leite – Fermentação Entérica .....	55
Gráfico 42 – Rebanho Efetivo Gado de Leite – Fermentação Entérica .....	56
Gráfico 43 – Investimento Gado de Corte – Fermentação Entérica.....	57
Gráfico 44 – VAB Gado de Corte – Fermentação Entérica .....	57
Gráfico 45 – Emissões Gado de Corte – Fermentação Entérica.....	57
Gráfico 46 – Rebanho Efetivo Gado de Corte – Fermentação Entérica.....	58
Gráfico 47 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento ...	59
Gráfico 48 – Emissões evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz) .....	59
Gráfico 49 – PAM evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz) .....	60
Gráfico 50 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento .....	61
Gráfico 51 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento .....	61
Gráfico 52 – Emissões evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz) .....	62
Gráfico 53 – PAM evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz) .....	62
Gráfico 54 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento.....	63
Gráfico 55 – Emissões (Fermentação Entérica + Dejeito de Animais) evolução Anual (2013- 2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado) .....	63
Gráfico 56 – Rebanho Efetivo evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado) .....	64
Gráfico 57 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento .....	65

Gráfico 58 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento .....	65
Gráfico 59 – Emissões (Fermentação Entérica + Dejeito de Animais) evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado).....	66
Gráfico 60 – Rebanho Efetivo evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado) .....	66

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Definições das Variáveis Utilizadas .....	29
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.2 OBJETIVOS .....	14
1.3 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 AS EXTERNALIDADES DA INOVAÇÃO E A NECESSIDADE DE UM NOVO CONCEITO FOCADO NO MEIO AMBIENTE.....	16
2.2 O PAPEL DO GOVERNO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	19
2.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA .....	20
2.4 O PLANO ABC E SUA RELEVÂNCIA NA PROMOÇÃO DA AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO .....	21
2.5 O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL .....	24
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1 O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL .....	31
4.2 AGRICULTURA .....	32
<b>4.2.1 Soja.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2 Milho .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.3 Trigo.....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4 Arroz .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.5 Análise dos Resultados - Agricultura .....</b>	<b>41</b>
4.3 AGROPECUARIA .....	42
<b>4.3.1 Manejo de dejetos de animais.....</b>	<b>42</b>
4.3.1.1 Suínos .....	42
4.3.1.2 Aves .....	44
4.3.1.3 Gado de leite .....	46
4.3.1.4 Gado de corte.....	48
4.3.1.5 Análise dos resultados – Manejo de dejetos de animais .....	50
<b>4.3.2 Fermentação entérica .....</b>	<b>50</b>
4.3.2.1 Suínos .....	50
4.3.2.2 Ovinos.....	52

4.3.2.3 Gado de leite.....	54
4.3.2.4 Gado de corte.....	56
4.2.2.5 Análise dos resultados – Fermentação entérica.....	58
<b>4.4.1 Cidades sem investimentos do Plano ABC.....</b>	<b>58</b>
<b>4.4.2 Cidades com investimentos do Plano ABC.....</b>	<b>60</b>
4.5 AGROPECUARIA – EMISSOES TOTAIS RS (FERMENTACAO ENTERICA + DEJETOS DE ANIMAIS).....	62
<b>4.5.1 Cidades sem investimentos do Plano ABC.....</b>	<b>62</b>
<b>4.5.2 Cidades com investimentos do Plano ABC.....</b>	<b>64</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ideia de inovar está muito intrínseca dentro das pessoas, o conceito básico de inovação, aparentemente, é muito simples. Apesar de indicada por Schumpeter (1997) como endógena, não é neutra, e é capaz de gerar externalidades. Talvez a primeira grande inovação que se tem notícia, tenha ocorrido no período Neolítico com o surgimento da agricultura; mesmo que sejam diversas as razões, independentemente de sua origem, a agricultura semeou as sementes da era moderna (THE DEVELOPMENT ..., 2022). Nem sempre todas as externalidades causadas são facilmente detectadas e muitas vezes quando colocamos na balança, os benefícios se sobressaem às negativas. Utilizando como principal exemplo a agricultura, é evidente todos os benefícios proporcionados por ela, porém qual seriam seus pontos negativos? Segundo Grohs (2021) é estimado que a agricultura é responsável por aproximadamente 22 % das emissões totais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 80 % das emissões de óxido nitroso (NO) e 55 % das emissões de metano (CH<sub>4</sub>), gases esses nocivos ao meio ambiente, e comumente conhecidos como gases de efeito estufa (GEE). Tendo em vista essa capacidade que a inovação tem de degradação do meio ambiente, fez-se necessário o surgimento de uma nova categoria de inovação, denominada de eco inovação. O conceito básico da inovação mante-se, porém na eco inovação, adicionamos um novo fator, a redução dos impactos ambientais.

Atualmente, a consciência social e política está cada vez mais elevada e dando uma importância maior para o desenvolvimento de inovações sustentáveis. Por exemplo, em dezembro de 2011, a Comissão Europeia lançou o “Plano de Ação de Eco inovação” (EcoAP) para levar a EU para além das tecnologias verdes e promover processos, produtos e serviços abrangentes de eco inovação. As preocupações ambientais com a inovação estão se tornando mais prevalentes à medida que as empresas se tornam mais conscientes das consequências de suas atividades e buscam ser socialmente responsáveis, prestando mais atenção ao meio ambiente e aumentando o investimento em questões ambientais (DÍAZ-GARCÍA; GONZÁLEZ-MORENO; SÁEZ-MARTÍNEZ, 2015).

Com o objetivo de promover a redução dos gases de efeito estufa (GEE) na agricultura, o governo brasileiro lançou no ano de 2012 o “Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura” ou também denominado Plano ABC. O plano visava melhorar a eficiência no uso dos recursos naturais, aumentando a resiliência de sistemas produtivos e comunidades rurais.

O governo federal definiu diversas ações como prioritárias para a mitigação das mudanças climáticas, e para cada ação, definiu indicadores e metas a serem atingidas até o ano de 2020. Entre as principais ações estavam capacitação e transferência de tecnologia e pesquisa, onde definiu como meta o desenvolvimento de 120 projetos de pesquisa sobre o tema, a criação de 2 bancos de dados e pelo menos o desenvolvimento de uma tecnologia alternativa para uso de herbicidas, máquinas e implementos de sistema de plantio direto (SPD) (BRASIL, 2012).

Com objetivo estratégico de implementar no estado uma agropecuária viável economicamente, conservacionista e de baixa emissão de carbono, foi lançado no Rio Grande do Sul em 2015 o plano estadual ABC. Neste plano foram definidas diversas ações necessárias para o alcance do objetivo principal proposto de reduzir a emissão de gases efeito estufa na agropecuária gaúcha, entre as principais ações, estava a capacitação de técnicos e produtores rurais, com o apoio de instituições parceiras.

O Plano ABC busca estabelecer o papel que o Estado do Rio Grande do Sul toma na busca por soluções referente ao cenário de mudanças climáticas e contribuir para a sustentabilidade das atividades produtivas nacionais. Com base na abordagem integrada e alinhado ao Plano Nacional, o plano tem como pretensão indicar práticas e tecnologias consideradas de baixa emissão carbono, capazes de reduzir custos de produção, incentivar a diversificação das atividades e reduzir riscos, aumentando desta forma a lucratividade dos sistemas e a qualidade de vida das pessoas neles implicadas, remetendo a sustentabilidade. Tendo como objetivo estratégico a implementação de uma agropecuária com características de viabilidade econômica, conservacionista e de baixa emissão de carbono no Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa deste trabalho é, portanto: a ação governamental influencia a realização de uma atividade econômica ambientalmente sustentável?

Qual é a influência dos investimentos do Plano ABC nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agropecuária do Rio Grande do Sul?

O recorte de pesquisa para responder à pergunta refere-se à análise do Plano ABC no Rio Grande do Sul, voltado, portanto, ao setor da agropecuária.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo central deste estudo consiste em realizar uma análise abrangente para avaliar como os investimentos do Plano ABC influenciam as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário do estado do Rio Grande do Sul.

Os objetivos específicos são:

- a) descrever o plano ABC no estado do Rio Grande do Sul;
- b) identificar fontes de dados oficiais e obtenção de variáveis disponíveis para análise;
- c) realizar uma análise que explore a relação entre os investimentos efetuados no âmbito do Plano ABC e as emissões de GEE decorrentes das atividades agrícolas e pecuárias selecionadas dentro do período de vigência do plano ABC nacional (2013-2019).

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A agricultura no Brasil é representada por três cadeias distintas, agricultura, pecuária e florestas plantadas, que juntas contribuem para aproximadamente 37% dos empregos gerados no país e respondem por aproximadamente 25% do PIB nacional e sendo o responsável pelo abastecimento de alimentos tanto no mercado nacional quanto externo (BRASIL, 2012). Medir a ajuda a avaliar o progresso em diversas categorias, além de dimensionar o quanto as nações estão progredindo em relação redução da degradação ambiental, permite uma análise das consequências econômicas e ambientais, além de ajudar a desassociar o crescimento econômico da degradação ambiental (ARUNDEL; KEMP, 2009).

Dados apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstram que a agropecuária representa em média 9% do VAB (valor adicional bruto), um valor significativamente alto em relação à média geral do país que é de 5%. Se compararmos entre os municípios do estado do Rio Grande do Sul, essa diferença fica ainda mais elevada, e quase 53% dos municípios do estado a agricultura representa 30% do VAB, número que sobre para 50% em um terço desses municípios. Segundo o painel do agronegócio, por meio da oferta de produtos-finais e de matéria-prima para a agroindústria, esses municípios integram-se às economias regionais e demandam um variado conjunto de bens e serviços agro e não-agro (FEIX; LEUSIN JÚNIOR; BORGES, 2021).

Este trabalho se propõe através da criação de uma análise de dados coletados de diversas fontes longo do período de 2013 a 2019, verificar se é possível identificar resultados na

mitigação de GEE nas cidades do estado do Rio Grande do Sul. Tendo como entendimento que a Agropecuária do RS contribui em grau variável nas emissões dos GEE, foram identificadas seis causas diretas, para a problemática em questão, das quais cinco, o “manejo inadequado” e dado como causa direta. Tendo isso em mente, analisar como foi realizada a capacitação dos agricultores, proposto no plano operário, e quais tecnologias foram implantadas para a melhoria nesse manejo, torna-se um fator fundamental para entendimento dos resultados obtidos nessa implementação.

O primeiro capítulo deste trabalho, busca identificar o papel dos governos no incentivo à eco inovação, e como uma política mais ativa pode conduzir a melhorias no combate à degradação do meio ambiente. Além das políticas internas, outro ponto é identificar como a política externa teve influência na criação do Plano ABC nacional, e qual foi a principal estratégia do plano em seus primeiros anos de implementação. Avaliando as diretrizes da implementação do plano ABC no estado do Rio Grande do Sul, o problema a ser solucionado é verificar se é possível através da análise de dados selecionados contendo as variáveis de emissões, investimentos, valor agregado bruto, rebanho efetivo e produção agrícola municipal, é possível identificar resultados positivos oriundos do plano nas cidades que usufruíram dos créditos disponibilizados pelo plano, para investimento com o intuito de mitigar as emissões de GEE na agropecuária.

Os textos em inglês das referências foram traduzidos pelo autor.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Os tópicos discutidos neste capítulo foram organizados da seguinte forma: foco entender como a inovação gerou a necessidade de uma ampliação de conceito, devido suas externalidades, conceito esse denominado de eco inovação; entender o papel do governo no desenvolvimento sustentável, como a política externa teve influência no plano ABC nacional e os resultados obtidos nos primeiros anos de implementação do plano nacional.

### 2.1 AS EXTERNALIDADES DA INOVAÇÃO E A NECESSIDADE DE UM NOVO CONCEITO FOCADO NO MEIO AMBIENTE.

A concepção de inovação proposta por Schumpeter (1997) redefine seu papel na economia, anteriormente considerada um fator externo, para uma variável endógena que desafia a visão de estabilidade predominante. Schumpeter argumenta que a inovação é capaz de gerar mudanças significativas e disruptivas no sistema econômico.

De acordo com o Manual de Oslo (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD); STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (EUROSTAT), 2018), o desenvolvimento de novas tecnologias desempenha um papel central no aumento da produtividade e da produção. Vivemos atualmente em meio à quarta grande revolução, uma revolução tecnológica que remodela a economia global. Campos científicos antes inexistentes, como ciência dos materiais e nanotecnologia, têm o potencial de transformar fundamentalmente as bases econômicas.

Apesar dessas transformações, é importante ressaltar que nem todas as mudanças tecnológicas resultam em melhorias. A compreensão do processo de inovação e seus impactos é crucial para avaliar as consequências dessas transformações. Embora seja verdade que o avanço tecnológico tenha melhorado significativamente a qualidade de vida em todo o mundo, também é necessário reconhecer que algumas externalidades podem ter efeitos negativos.

As externalidades causadas pela inovação podem apresentar desafios significativos. Por um lado, a inovação impulsiona o progresso econômico, criando oportunidades de emprego, estimulando o crescimento e aumentando a eficiência. Por outro lado, podem surgir desigualdades, deslocamentos de empregos e impactos ambientais negativos decorrentes dessas mudanças.

É preciso analisar cuidadosamente os efeitos colaterais da inovação. O entendimento desses processos pode fornecer informações valiosas para orientar políticas e estratégias que

busquem maximizar os benefícios da inovação, minimizando seus efeitos adversos. É essencial adotar uma abordagem abrangente, considerando as implicações sociais, econômicas e ambientais das mudanças tecnológicas.

Em resumo, a abordagem de Schumpeter sobre a inovação como uma variável endógena e a compreensão dos impactos das transformações tecnológicas são elementos fundamentais para o estudo do processo de inovação e desenvolvimento econômico. Ao reconhecer que a inovação pode gerar tanto benefícios quanto desafios, podemos adotar medidas adequadas para aproveitar seu potencial de maneira mais equilibrada e sustentável.

Quando consideramos os impactos da inovação e do desenvolvimento tecnológico, é crucial abordar a questão ambiental. Conforme destacado por Magalhães e Vendramini (2018), as novas tecnologias têm o potencial de contribuir para a preservação do meio ambiente, melhorando a eficiência na produção industrial e reduzindo o consumo de recursos naturais, assim como a geração de resíduos. Por exemplo, como cita International Energy Agency (IEA) estudos mostram que a aplicação de tecnologias de eficiência energética nas indústrias pode resultar em uma redução significativa no consumo de energia, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa e promovendo uma produção mais sustentável (TECHNOLOGY ..., 2020).

No entanto, é importante reconhecer que o aumento da eficiência pode levar a uma redução de custos, o que, por sua vez, pode resultar em um aumento do consumo, gerando impactos negativos ao meio ambiente. Um exemplo evidente dessa dinâmica é o crescente acúmulo de lixo eletrônico em todo o mundo. Estima-se que cerca de 53,6 milhões de toneladas métricas de resíduos eletrônicos tenham sido geradas globalmente em 2019, e projeções indicam que esse número aumentará para aproximadamente 74,7 milhões de toneladas métricas até 2030. Esses dados são provenientes do relatório "Global E-waste Monitor", uma iniciativa conjunta das Nações Unidas, da União Internacional de Telecomunicações (ITU) e da Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA). Esse aumento está diretamente relacionado à rápida obsolescência de dispositivos eletrônicos e à falta de infraestrutura adequada para o gerenciamento e reciclagem adequados desses resíduos (FORTI *et al.*, 2020).

Diante dessa situação, Cleff e Rennings (1999) argumenta que é essencial dar ênfase à inovação e ao desenvolvimento de forma sustentável. A preocupação com o conteúdo e o rumo do progresso deve ser uma motivação central, considerando as implicações ambientais das transformações tecnológicas. É necessário buscar soluções que equilibrem o avanço tecnológico com a proteção do meio ambiente, promovendo práticas sustentáveis e responsáveis.

Para alcançar esse objetivo, medidas como o incentivo à eco inovação e à economia circular têm sido adotadas em diferentes partes do mundo. A eco inovação busca desenvolver e implementar tecnologias e processos que reduzam os impactos ambientais, ao mesmo tempo em que promovem a eficiência e a competitividade das empresas. Já a economia circular propõe uma abordagem em que os produtos são projetados para terem longa vida útil, serem reutilizáveis e recicláveis, evitando o desperdício de recursos e minimizando os impactos ambientais

A necessidade de enfrentar os desafios decorrentes do uso restrito dos recursos ambientais tem impulsionado a busca por novas tecnologias, produtos e serviços voltados para o meio ambiente. Nesse contexto, surge a inovação ambiental como uma resposta crucial. Conforme apontado por Kemp e Foxon (2007), a inovação ambiental, também conhecida como eco inovação, refere-se à exploração ou produção de produtos ou métodos que, além de serem novos, ao longo de seu ciclo de vida, resultam em uma redução significativa dos impactos ambientais em comparação com suas alternativas.

Assim como dissertado por Dogaru (2020, p. 295):

O processo de reduzir os impactos das atividades econômicas no meio ambiente, através do uso racional e sustentável de recursos naturais implica na chamada eco inovação. Esta é considerada a chave para a competitividade, mas também um fator importante na solução das questões relativas aos recursos naturais, à segurança energética e às mudanças climáticas.

A eco inovação desempenha um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis e na promoção de práticas que minimizem o impacto ambiental. Um exemplo notável de eco inovação é o desenvolvimento de tecnologias de energia renovável, como a solar e a eólica. Estudos mostram que o uso de fontes de energia renovável pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 2013).

Além disso, a eco inovação também pode se manifestar em setores como o da agricultura, por meio da adoção de técnicas de agricultura sustentável que reduzem o uso de agrotóxicos e a degradação do solo. Essas práticas podem melhorar a eficiência produtiva e reduzir os impactos negativos no meio ambiente (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP), 2020).

Em suma, a eco inovação desempenha um papel fundamental na busca por soluções que conciliem o desenvolvimento tecnológico com a proteção ambiental. Por meio da

implementação de práticas e tecnologias sustentáveis, é possível reduzir os impactos negativos no meio ambiente e promover um futuro mais sustentável.

De acordo com Iravani, Akbari e Zohoori (2017), as tecnologias verdes têm o potencial de trazer diversos benefícios ao meio ambiente, incluindo a redução das emissões de gases de efeito estufa e o retardamento dos impactos do aquecimento global. No entanto, essas tecnologias também apresentam desafios, como incerteza em relação ao desempenho e altos custos em comparação com tecnologias convencionais. Para superar essas desvantagens, é necessário um constante incentivo à pesquisa e desenvolvimento, bem como o fortalecimento das políticas ambientais internas.

Em conclusão, as tecnologias verdes têm o potencial de trazer benefícios significativos ao meio ambiente, mas enfrentam desafios que exigem incentivos à pesquisa e desenvolvimento. O papel do governo é crucial no desenvolvimento sustentável, por meio da implementação de políticas claras, investimentos em inovação e apoio financeiro. A conscientização e a educação ambiental também desempenham um papel importante na promoção de uma sociedade mais sustentável.

## 2.2 O PAPEL DO GOVERNO NO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.

Apesar das pautas ambientais não terem um apelo político tão forte em comparação a outros temas, como segurança e saúde, é necessário que o Estado desempenhe um papel mais ativo para incentivar esforços em direção a uma mudança em paradigmas tecnológicos e ambientais, como a busca por uma revolução industrial verde. Essa mudança requer, em grande parte, incentivos financeiros para ideias radicais que impulsionem essa revolução (MONTENEGRO; CARVALHO, 2021). É crucial manter uma sinergia contínua entre o progresso tecnológico e a proteção ambiental, e cabe ao Estado zelar por essa sinergia.

O avanço tecnológico sem um controle adequado pode gerar diversos impactos negativos, como a poluição do ar e o acúmulo de lixo eletrônico. Por outro lado, o controle excessivo, sem um adequado incentivo à busca por novos caminhos, pode resultar em externalidades indesejadas, mesmo que indiretamente (LUOMA, 2018).

Um exemplo recente na indústria automobilística ilustra essa problemática. Altas restrições regulatórias evoluíram a ponto de representarem um grande desafio para os fabricantes de automóveis acompanharem. Embora essas leis e regulamentos sejam bem-intencionados, mesmo que indiretamente, podem resultar em consequências indesejadas (LUOMA, 2018). Um caso emblemático foi o escândalo envolvendo a empresa Volkswagen,

conhecido como "Dieselgate". Em 2009, a montadora alemã anunciou o lançamento de novos modelos de carros com tecnologia de diesel limpo. No entanto, em 2015, foi descoberto que a Volkswagen havia instalado um software em seus veículos para burlar os testes de emissões, reduzindo artificialmente os níveis de poluentes durante os testes (TOPHAM *et al.*, 2015). Esse exemplo evidencia a importância de um controle adequado aliado a incentivos para a inovação tecnológica e a adoção de práticas ambientalmente sustentáveis na indústria. É necessário um equilíbrio entre a regulação e o estímulo à pesquisa e desenvolvimento de soluções mais eficientes e menos poluentes.

A influência da política externa desempenha um papel significativo no incentivo à eco inovação, estabelecendo uma conexão direta com o próximo capítulo desta dissertação, que aborda a influência da política externa no plano ABC e os resultados obtidos em seus primeiros anos de implementação. De acordo com Montenegro e Carvalho (2021), a política internacional desempenha um papel importante na promoção da eco inovação. Através de acordos multilaterais e estratégias de crescimento verde, como destacado por Dechezleprêtre *et al.* (2011), é possível fortalecer o compartilhamento de conhecimento e tecnologias visando mitigar os impactos ambientais.

### 2.3 EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

As definições e conceitos indicam que o clima na Terra é regulado pelo fluxo constante de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível e de raios ultravioletas. Parte dessa energia é devolvida pela Terra na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa (GEE) são gases presentes na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha. Muitos desses gases, como vapor d'água, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), existem naturalmente na atmosfera e são essenciais para a manutenção da vida no planeta. Sem eles, a Terra seria, em média, cerca de 30°C mais fria. No entanto, devido às atividades humanas, as concentrações de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O têm aumentado na atmosfera (ASSAD *et al.*, 2019).

O aumento desses gases na atmosfera está relacionado principalmente às atividades agrícolas. Além dos GEE mencionados anteriormente, outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOCs), também têm contribuído para o efeito estufa devido às reações químicas que ocorrem na atmosfera (ASSAD *et al.*, 2019).

Para monitorar as concentrações de CO<sub>2</sub>, a Agência Espacial Americana (NASA) lançou o satélite OCO-2. Esse satélite tem sido utilizado para obter dados sobre as variações da concentração de CO<sub>2</sub> na Terra (ASSAD *et al.*, 2019).

Os GEE cujas emissões antrópicas e remoções são tipicamente relacionados às atividades de uma cadeia agrícola são: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Alguns outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC) são considerados gases precursores do efeito estufa, pois possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera (ASSAD *et al.*, 2019).

#### 2.4 O PLANO ABC E SUA RELEVÂNCIA NA PROMOÇÃO DA AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

A política internacional desempenha um papel de destaque quando se trata de incentivar a eco inovação. Nesse sentido, o governo brasileiro lançou, em 2012, o "Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura", conhecido como Plano ABC. Essa iniciativa foi influenciada pela busca global por práticas sustentáveis e avanços tecnológicos verdes, como evidenciado por diversas estratégias internacionais (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU), 2015).

O objetivo central do Plano ABC era reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agricultura, em linha com o compromisso voluntário assumido pelo Brasil internacionalmente. O país se comprometeu a reduzir entre 36,1% e 38,9% das emissões de GEE até 2020. Além disso, o plano tinha como meta aprimorar a eficiência no uso de recursos naturais e fortalecer a resiliência dos sistemas produtivos e das comunidades rurais (BRASIL, 2012).

Dentre as ações prioritárias do Plano ABC, destacam-se a capacitação e a transferência de tecnologia. O objetivo era desenvolver projetos de pesquisa sobre práticas agrícolas sustentáveis, visando à redução das emissões de GEE. A criação de bancos de dados específicos e o fomento ao desenvolvimento de tecnologias alternativas, como o uso de herbicidas, máquinas e implementos do sistema de plantio direto (SPD), também foram metas estabelecidas (BRASIL, 2012).

O SPD, considerado um dos métodos mais conservadores para o trabalho da terra com fins agropecuários, tem sido amplamente adotado no Brasil. Essa prática contribui para a

redução da erosão do solo, o aumento da retenção de água e a diminuição das emissões de gases do efeito estufa (EMBRAPA, 2022).

Nesse sentido, o Plano ABC desempenhou um papel fundamental na promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, incentivando a adoção de técnicas inovadoras que contribuem para a redução das emissões de GEE e a conservação dos recursos naturais.

Para promover práticas que reduzissem a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na agricultura, o Plano ABC utilizou linhas de crédito diferenciadas, buscando tornar-se mais atrativo para os agricultores (SILVA; VIEIRA FILHO, 2020). No entanto, é importante destacar que a taxa de juros do programa, que se manteve majoritariamente abaixo da taxa básica, passou a ser elevada a partir de 2016, convergindo com a taxa básica e tornando o subsídio menos atrativo (SILVA; VIEIRA FILHO, 2020).

Estudos têm apontado que o impacto do Programa ABC na mitigação das emissões de GEE na agropecuária, no período entre 2010 e 2015, foi nulo (SILVA; VIEIRA FILHO, 2020). Esses resultados vão de encontro a outros estudos que visam o aprimoramento do programa, ao identificar possíveis limitações e fontes de restrição. Atualmente, compreende-se que o custo de aprendizado e de transição para novas práticas agrícolas desempenham um papel mais relevante na decisão dos produtores do que uma linha de crédito mais barata (SILVA; VIEIRA FILHO, 2020).

Essas evidências apontam para a necessidade de uma abordagem mais abrangente e integrada, considerando não apenas o aspecto financeiro, mas também os desafios socioeconômicos e educacionais envolvidos na adoção de práticas agrícolas sustentáveis. É fundamental incentivar o desenvolvimento de programas de capacitação, transferência de tecnologia e investimento em pesquisa, visando melhorar o conhecimento e a conscientização dos agricultores sobre as práticas de baixa emissão de carbono (SILVA; VIEIRA FILHO, 2020).

Um dos fatores que pode ter contribuído para os resultados obtidos pelo Programa ABC está relacionado à distribuição dos recursos. Segundo Gianetti (2017), os recursos financeiros disponibilizados pelo programa poderiam ter um impacto maior na mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) se houvesse uma distribuição mais significativa nas regiões norte e nordeste do país, onde existe uma maior carência em termos de produtividade agropecuária. No entanto, o cenário atual é o oposto, conforme apontado pelo estudo, uma vez que os recursos são direcionados, em sua maioria, para cidades com maior aptidão agrícola, o que acaba proporcionando resultados menos expressivos na mitigação dos GEE.

Segundo Gurgel e Laurenzana (2016), uma das principais dificuldades do Plano ABC está relacionada ao baixo nível de conhecimento dos agricultores, técnicos e demais envolvidos nos processos de implementação sobre as tecnologias preconizadas, custos, retorno financeiro, potenciais benefícios e até mesmo os aspectos técnicos das atividades envolvidas. Nesse contexto, capacitar os agentes do setor público, privado e do terceiro setor em formas de agregar valor às atividades ambientais na produção agropecuária torna-se essencial, conforme apontado por Quandt (1998). Para o sucesso estratégico de desenvolvimento, é necessário estabelecer uma visão teórica adequada para analisar o contexto da mudança e a participação dos diferentes agentes nesse processo, bem como fortalecer a comunicação entre instituições privadas e o setor público.

No intuito de superar essa barreira, o Plano ABC incentivou a capacitação e a criação de novas tecnologias para reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Um exemplo é o Camp de Agrotech, um programa lançado pelo Plano ABC em parceria com a ONU Meio Ambiente, o Sebrae e a Embrapa. Empresas participantes do Camp de Agrotech foram desafiadas a buscar soluções eco inovadoras que aumentassem a competitividade e produtividade do setor de grãos. Na categoria de startups, a empresa Agribela foi a vencedora com suas cápsulas biodegradáveis para controle biológico de pragas agrícolas. Já na categoria de Ideias, Luiz Guilherme Lira de Arruda venceu com a ideia de "Bico pulverizador para ultrabaixo volume", que tem como objetivo reduzir o volume de calda em pulverizações de agrotóxicos (EMBRAPA, 2017).

De acordo com o estudo desenvolvido por Telles e Righetto (2019), entre os períodos de 2006 a 2017, observou-se um aumento das áreas de florestas e lavouras no Brasil e uma redução das áreas de pastagem, o que contribuiu para minimizar o desmatamento devido à menor necessidade de novas áreas agrícolas. O estudo também indica que o aprimoramento dos sistemas de produção, visando a conservação dos recursos naturais e a redução da emissão de GEE, está sendo cada vez mais adotado pelos produtores, permitindo conciliar o aumento na produção agrícola com a mitigação dos impactos ambientais. Nesse sentido, a agricultura deixou de ser apenas uma questão econômica e produtiva, tornando-se também um debate político e social, exigindo cuidado nas alterações do uso da terra no Brasil, buscando sempre um caminho sustentável e minimizando o impacto ambiental.

No âmbito das políticas federais, o estado do Rio Grande do Sul criou, em 2015, seu próprio plano para mitigar a emissão de GEE. O estado definiu a capacitação de recursos humanos como sua principal estratégia para atingir os objetivos propostos. O próximo capítulo

tem como objetivo identificar e explorar as diretrizes do Plano ABC no Rio Grande do Sul, além de analisar os resultados gerados na implementação do plano e as possíveis causas para tais resultados.

Figura 1 – Efeito Estufa



Fonte: Emissões ... (2022).

## 2.5 O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) é uma iniciativa estratégica do governo brasileiro, implementada no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo principal de promover uma agricultura sustentável, de baixa emissão de carbono, e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

O objetivo superior e estratégico do Plano ABC no Rio Grande do Sul é estabelecer um conjunto de diretrizes e ações que visam à consolidação de uma agricultura de baixa emissão de carbono no estado, em consonância com as metas estabelecidas no Plano Nacional de Mudança do Clima. Isso envolve a adoção de práticas sustentáveis, tecnologias de baixa emissão de carbono e o manejo adequado dos recursos naturais, com o intuito de reduzir as emissões de GEE e promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Durante o processo de elaboração do Plano ABC no Rio Grande do Sul, foram identificados problemas e suas causas que impactam o setor agropecuário e contribuem para as emissões de GEE. O diagnóstico realizado no Plano ABC RS constatou que as atividades agropecuárias são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de GEE no estado. As principais causas dessas emissões estão relacionadas à intensificação dos processos produtivos,

ao preparo intensivo do solo, ao baixo aporte de resíduos e à conversão de áreas naturais em sistemas produtivos, levando à diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo.

Com base nessas análises, o Plano ABC no Rio Grande do Sul estabeleceu resultados a serem alcançados. Dentre os resultados almejados, destacam-se a diminuição das emissões estimadas para o estado, a redução do desmatamento na Floresta Amazônica e no Cerrado, e a redução das emissões provenientes da agropecuária. O Plano ABC RS estabeleceu metas ambiciosas para reduzir as emissões de GEE até o ano de 2020.

Para alcançar esses resultados, o Plano ABC no Rio Grande do Sul considerou diferentes tipos de ações. Entre elas, destacam-se a promoção de práticas conservacionistas, que incentivam o uso de técnicas como plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), manejo adequado do solo e adoção de sistemas agroflorestais, visando à redução da erosão, à melhoria da qualidade do solo e à conservação da biodiversidade. Além disso, foram identificadas ações voltadas para o uso eficiente de insumos, como o estímulo ao uso racional de fertilizantes e a adoção de técnicas que favoreçam o aproveitamento eficiente dos nutrientes.

O Plano ABC RS também prevê a implementação de ações voltadas à recuperação de áreas degradadas, por meio da revegetação, recomposição florestal e restauração de ecossistemas, contribuindo para a captura de carbono e a conservação dos recursos naturais. Outra importante medida contemplada é a disponibilização de assistência técnica qualificada e capacitação para os produtores rurais, visando fornecer o suporte necessário para a adoção de práticas sustentáveis e de baixa emissão de carbono.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Para a resposta do problema em questão, buscou-se identificar através de dados retirados de fontes oficiais (investimento oriundos do Plano ABC, Emissões, Valor Agregado Bruto, Produção Agrícola Municipal, e Rebanho Efetivo Municipal) quais cidades apresentavam uma correlação “Boa”, isto é onde as emissões totais apresentam uma maior queda ou menor crescimento em relação ao PAM para o caso da agricultura e Rebanho efetivo para o caso da pecuária, para isto foi feito os procedimentos abaixo.

Extração dos dados relacionados aos investimentos para o período de 2013-2019, foi acessado o site do Banco Central, mais especificamente a "Matriz de dados do crédito rural - crédito concedido" na seção "Estabilidade Financeira" e "Supervisão". Os dados foram ajustados de CSV para EXT utilizando o Power Query do Excel devido à extensa quantidade de informações disponíveis.

Os dados de emissões foram obtidos no site do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases (SEEG), uma iniciativa do Observatório do Clima (OC) que é uma rede composta por 77 organizações não governamentais com perfil socio ambientalista que se dedica à discussão das mudanças climáticas no contexto brasileiro. Um dos projetos promovidos pelo OC é o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), que tem como objetivo monitorar e quantificar as emissões de gases de efeito estufa em diferentes setores da economia (OBSERVATÓRIO DO CLIMA (OC), 2023).

O SEEG coleta dados de diversas fontes, como o Sistema de Contas Ambientais e Econômicas do Brasil (SCAE), informações de entidades públicas, dados oficiais de órgãos governamentais e outras fontes relevantes. Essas informações são utilizadas para calcular as emissões de gases de efeito estufa do Brasil em setores como energia, indústria, transporte, agricultura, entre outros (OC, 2023).

Os dados foram filtrados para incluir apenas as emissões relacionadas ao setor agropecuário. O site do SEEG oferece várias opções de filtragem com base em localização geográfica, setor, município e ano. Além do site, foi realizado o download de uma base de dados de emissões por município para os anos de 2013 a 2019.

Os dados de Valor Adicionado Bruto (VAB), Produção Agrícola Municipal (PAM) e Efetivo de Rebanho Municipal (ERM) dos municípios do Rio Grande do Sul foram obtidos no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi feito o download da série histórica para o período de 2013 a 2019, para análise.

Para a apresentação dos dados de emissões, o SEEG utilizou a métrica GWP-AR5. O Global Warming Potential (GWP) foi desenvolvido para permitir comparações dos impactos do aquecimento global de diferentes gases. Especificamente, é uma medida de quanto de energia as emissões de 1 tonelada de um gás absorverão ao longo de um determinado período, em relação às emissões de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Quanto maior o GWP, mais um determinado gás aquece a Terra em comparação com o CO<sub>2</sub> durante esse período. O período geralmente usado para os GWPs é de 100 anos. Os GWPs fornecem uma unidade de medida comum, que permite aos analistas somarem estimativas de emissões de diferentes gases (por exemplo, para compilar um inventário nacional de GEE) e permite que os formuladores de políticas comparem oportunidades de redução de emissões entre setores e gases (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE (FGVces), 2022; UNITED STATES, 2023).

O CO<sub>2</sub>, por definição, tem um GWP de 1, independentemente do período usado, porque é o gás utilizado como referência. O CO<sub>2</sub> permanece no sistema climático por muito tempo: as emissões de CO<sub>2</sub> causam aumentos nas concentrações atmosféricas de CO<sub>2</sub> que durarão milhares de anos (UNITED STATES, 2023).

O metano (CH<sub>4</sub>) estima-se ter um GWP de 27-30 ao longo de 100 anos. O CH<sub>4</sub> emitido hoje dura em média cerca de uma década, o que é muito menos tempo do que o CO<sub>2</sub>. Mas o CH<sub>4</sub> também absorve muito mais energia do que o CO<sub>2</sub>. O efeito líquido do tempo de vida mais curto e maior absorção de energia é refletido no GWP. O GWP do CH<sub>4</sub> também leva em conta alguns efeitos indiretos, como o fato de que o CH<sub>4</sub> é precursor do ozônio, e o ozônio em si é um GEE (UNITED STATES, 2023).

O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) tem um GWP 273 vezes maior que o do CO<sub>2</sub> em uma escala de tempo de 100 anos. O N<sub>2</sub>O emitido hoje permanece na atmosfera por mais de 100 anos, em média. Os clorofluorocarbonos (CFCs), hidrofluorocarbonos (HFCs), hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), perfluorocarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) às vezes são chamados de gases de alto GWP porque, para uma determinada quantidade de massa, eles retêm substancialmente mais calor do que o CO<sub>2</sub>. (Os GWPs para esses gases podem estar na casa dos milhares ou dezenas de milhares) (UNITED STATES, 2023).

Uma vez identificadas todas as variáveis, iniciou-se a formatação dos dados discriminando-os da seguinte maneira:

Agricultura: Foram selecionadas as quatro culturas que obtiveram o maior valor de produção segundo o Painel do Agronegócio do Rio Grande do Sul no ano de 2022, para cada cultura, foi

selecionado as 10 cidades com maior nível de emissões no último ano do período, as culturas selecionadas foram Trigo, Milho, Arroz e Soja (FEIX *et al.*, 2022).

Os dados relacionados a pecuária foram divididos nos dois principais tipos de emissões, Manejo de Desejo de Animais e Fermentação Entérica, que é um processo digestivo natural que ocorre em animais ruminantes.

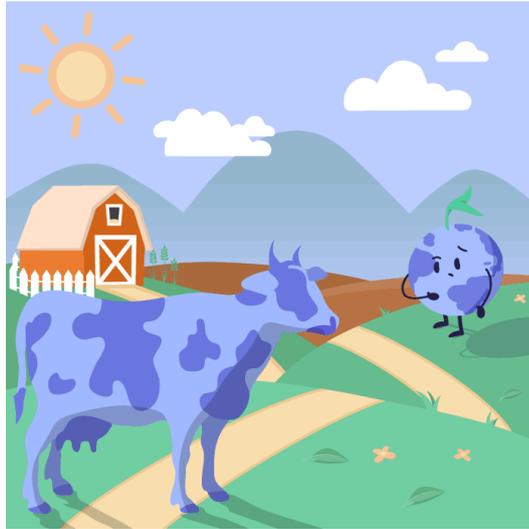
**Manejo de Dejeito de Animais:** Foram selecionados os quatro principais tipos de animais, com dados disponíveis de emissões, para cada tipo, foi selecionado as 10 cidades com maior nível de emissões no último ano do período. Suíno, Aves, Gado de Leite e Gado de Corte.

**Fermentação Entérica:** Foram selecionados os quatro principais tipos de animais, que foram julgados como os mais relevantes, para cada tipo, foi selecionado as 10 cidades com maior nível de emissões no último ano do período. Suíno, Ovino, Gado de Leite e Gado de Corte.

Para desenvolvimento desta pesquisa, foram selecionadas as informações relevantes para análise, como o valor total dos investimentos por ano e cidade no setor agropecuário, desagregados por tipo de atividade (agrícola ou pecuária).

Para a análise os dados foram divididos em três tipos principais: Agricultura, Manejo de Dejetos de Animais e Fermentação Entérica. No caso da Agricultura, foram criadas quatro tabelas distintas, representando os dados obtidos das cidades selecionadas, organizados por cultura. Essas tabelas incluem informações sobre as Emissões de CO<sub>2</sub> (toneladas) utilizando o GWP AR5, Investimentos Oriundos do Plano ABC em reais (R\$), Valor Adicionado Bruto (VAB) do município em R\$ / 1000 e a Produção Anual Municipal (PAM) em toneladas. Já para o Manejo de Dejetos de Animais e a Fermentação Entérica, serão desenvolvidas quatro tabelas adicionais, representando os dados obtidos das cidades selecionadas, desta vez organizados por classe de animal. Essas tabelas incluirão informações sobre as Emissões de CO<sub>2</sub> (toneladas) utilizando o GWP AR5, Investimentos Oriundos do Plano ABC em moeda local (R\$), Valor Adicionado Bruto (VAB) do município em R\$ / 1000 e o Efetivo de Rebanho Municipal em número de cabeças de animais. Essa divisão permitirá uma análise detalhada dos diferentes aspectos relacionados aos três tipos de dados, fornecendo uma visão completa das características e impactos ambientais, econômicos e agrícolas dessas áreas específicas.

Figura 2 – Fermentação Entérica



Fonte: Dewan (2021).

Quadro 1 – Definições das Variáveis Utilizadas

Variáveis	Definições
PAM	Produção municipal anual total em toneladas. Soja, Milho, Trigo, Arroz
Rebanho Efetivo	Número total de animais discriminados por espécie em cada cidade do Rio Grande do Sul. Suínos, Ovinos, Aves, Gado de Leite e Gado de Corte
Emissões Agrícolas	Emissões totais de CO <sub>2</sub> t, discriminadas por cultura.
Fermentação Entérica	Emissões totais de CO <sub>2</sub> t, discriminadas por classe de animal, oriundas da digestão de materiais orgânicos pelos ruminantes
Manejo de Dejetos de Animais	Emissões totais de CO <sub>2</sub> t, discriminadas por classe de animal oriundas de resíduos de animais
VAB	Valor agregado bruto anual em R\$ por cidade ÷ 1000

Fonte: Banco Central do Brasil (BCB) ([2023]; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), (2023); OC, (2023).

A fim de analisar as informações coletadas, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) (GALARÇA *et al.*, 2010). O coeficiente de correlação de Pearson, representado pela letra " $r$ ", possui uma escala de variação de -1 a 1. Um valor de  $r$  igual a 1 indica uma correlação positiva perfeita entre duas variáveis, ou seja, à medida que uma variável aumenta, a outra também aumenta. Por outro lado, um valor de  $r$  igual a -1 indica uma correlação negativa

perfeita entre as variáveis, onde uma variável aumenta à medida que a outra diminui. Quanto mais próximo de 1 o valor de  $r$  se aproxima, mais perfeita é a correlação entre as variáveis.

No seguinte capítulo, buscou-se identificar a possibilidade de averiguar a efetividade do Plano ABC nas amostragens selecionadas. Para isso foi realizado a correlação entre as variáveis Emissões e PAM (para agricultura) e Rebanho Efetivo (para pecuária), além de uma análise descritiva dos gráficos desenvolvidos a partir dos dados adquiridos.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo foram analisados os dados selecionados e feita uma introdução do que se refere o plano ABC no estado do Rio Grande do Sul.

### 4.1 O PLANO ABC NO RIO GRANDE DO SUL

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) é uma iniciativa estratégica do governo brasileiro, implementada no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo principal de promover uma agricultura sustentável, de baixa emissão de carbono, e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

O objetivo superior e estratégico do Plano ABC no Rio Grande do Sul é estabelecer um conjunto de diretrizes e ações que visam à consolidação de uma agricultura de baixa emissão de carbono no estado, em consonância com as metas estabelecidas no Plano Nacional de Mudança do Clima. Isso envolve a adoção de práticas sustentáveis, tecnologias de baixa emissão de carbono e o manejo adequado dos recursos naturais, com o intuito de reduzir as emissões de GEE e promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica (RIO GRANDE DO SUL, 2016).

Durante o processo de elaboração do Plano ABC no Rio Grande do Sul, foram identificados problemas e suas causas que impactam o setor agropecuário e contribuem para as emissões de GEE. O diagnóstico realizado no Plano ABC RS constatou que as atividades agropecuárias são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de GEE no estado. As principais causas dessas emissões estão relacionadas à intensificação dos processos produtivos, ao preparo intensivo do solo, ao baixo aporte de resíduos e à conversão de áreas naturais em sistemas produtivos, levando à diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo.

Com base nessas análises, o Plano ABC no Rio Grande do Sul estabeleceu resultados a serem alcançados. Dentre os resultados almejados, destacam-se a diminuição das emissões estimadas para o estado, a redução do desmatamento na Floresta Amazônica e no Cerrado, e a redução das emissões provenientes da agropecuária. O Plano ABC RS estabeleceu metas ambiciosas para reduzir as emissões de GEE até o ano de 2020.

Para alcançar esses resultados, o Plano ABC no Rio Grande do Sul considerou diferentes tipos de ações. Entre elas, destacam-se a promoção de práticas conservacionistas, que incentivam o uso de técnicas como plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), manejo adequado do solo e adoção de sistemas agroflorestais, visando à redução da erosão, à melhoria da qualidade do solo e à conservação da biodiversidade. Além disso, foram identificadas ações voltadas para o uso eficiente de insumos, como o estímulo ao uso racional de fertilizantes e a adoção de técnicas que favoreçam o aproveitamento eficiente dos nutrientes.

O Plano ABC RS também prevê a implementação de ações voltadas à recuperação de áreas degradadas, por meio da revegetação, recomposição florestal e restauração de ecossistemas, contribuindo para a captura de carbono e a conservação dos recursos naturais. Outra importante medida contemplada é a disponibilização de assistência técnica qualificada e capacitação para os produtores rurais, visando fornecer o suporte necessário para a adoção de práticas sustentáveis e de baixa emissão de carbono.

## 4.2 AGRICULTURA

Neste capítulo foi analisado individualmente as quatro principais culturas definidas pelo autor conforme indicado na metodologia.

### 4.2.1 Soja

Ao analisar os gráficos de emissões e PAM, podemos observar que elas apresentam a mesma tendência de variação. No entanto, essa tendência não se mantém quando os comparamos com o VAB. Esse fenômeno está relacionado a diversos fatores, um dos quais é o nível de dependência da Produção Agrícola Municipal em relação à cultura em questão.

Além disso, é importante notar que nenhum dos municípios apresenta uma queda sequencial tanto na Produção Agrícola Municipal (PAM) quanto no Valor Adicionado Bruto (VAB). Nenhum município registrou uma redução consecutiva no VAB e na produção.

Quando analisamos os investimentos realizados por meio do plano ABC e as emissões, é difícil identificar um padrão de efetividade, uma vez que esses investimentos não são discriminados para a cultura em questão. Em cidades onde ocorreram investimentos, houve tanto aumentos quanto reduções na produção.

Ao correlacionar a PAM e as emissões, todas as cidades apresentaram uma correlação positiva de 1, bem como uma média de variação anual semelhante. Isso indica que não houve

uma redução real das emissões relacionadas a essa cultura, o que é confirmado pelos Gráficos de emissões e PAM.

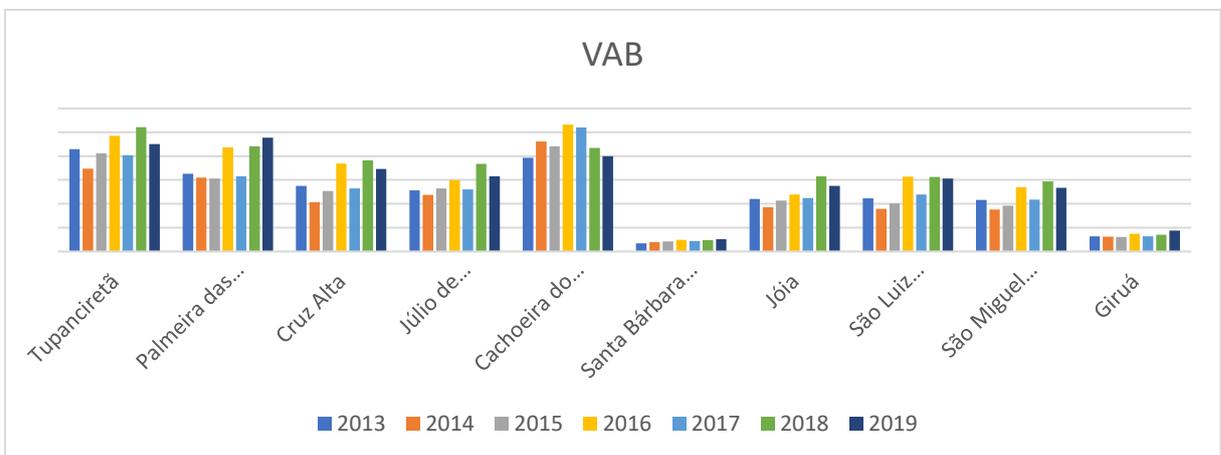
Esses indícios sugerem que o plano ABC pode não ter sido efetivo para essa cultura nessas cidades.

Gráfico 1 – Investimento Soja



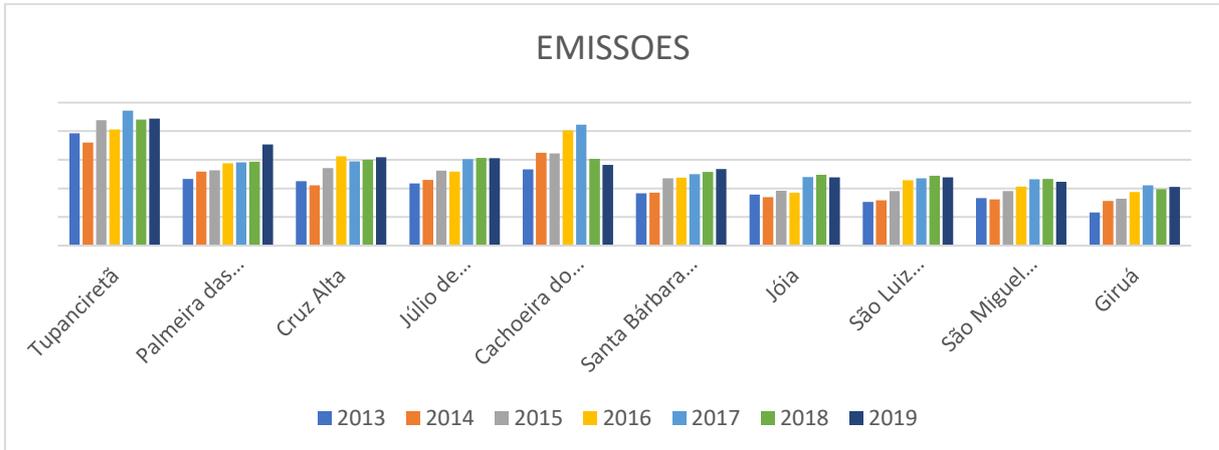
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2 – VAB Soja



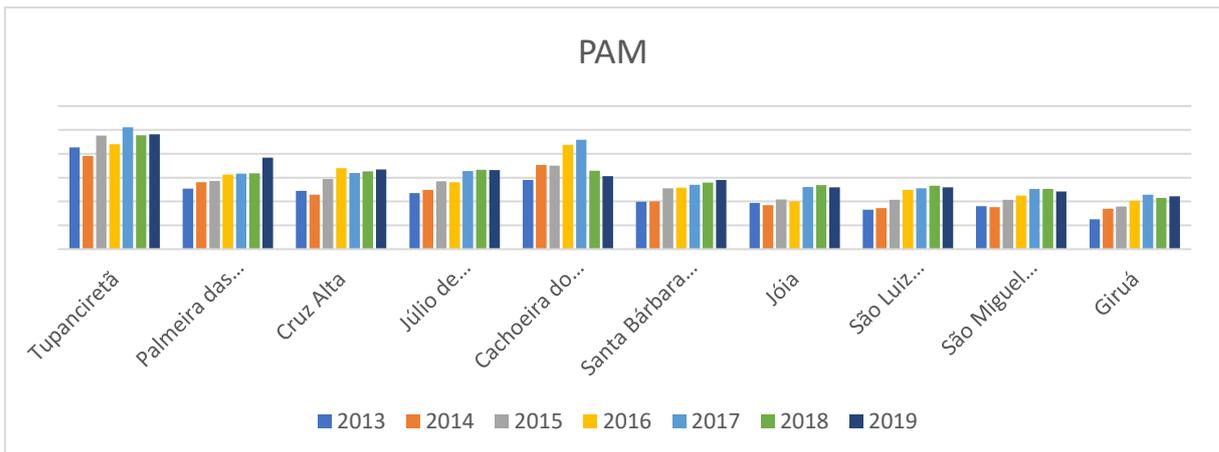
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 3 – Emissões Soja



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 4 – PAM Soja



Fonte: Elaborado pelo autor.

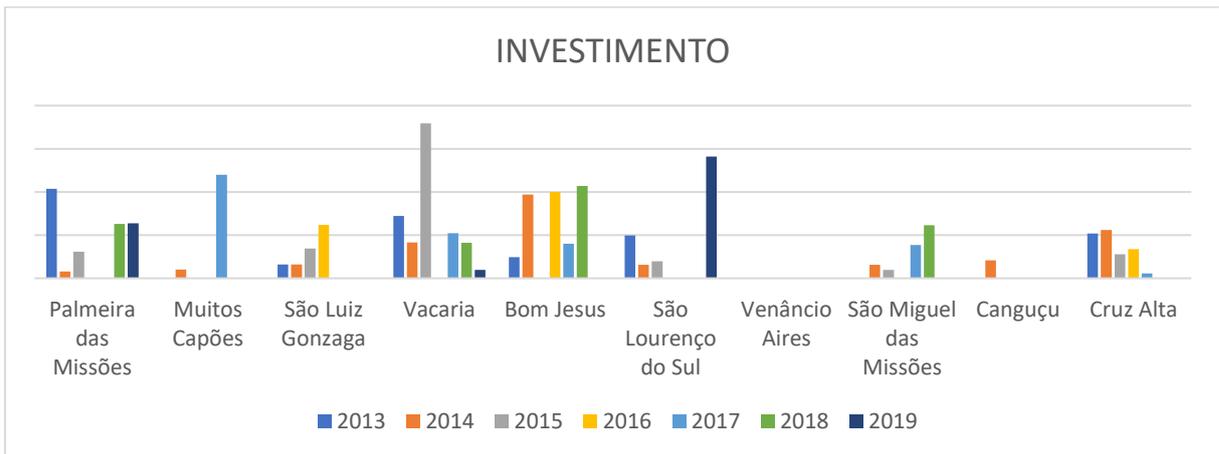
#### 4.2.2 Milho

Quando analisamos a cultura do milho, podemos observar que o padrão se mantém o mesmo da cultura da soja, tanto a Produção Agrícola Municipal (PAM) quanto as Emissões mantêm o padrão de variação e a mesma correlação. Nota-se que na cidade de Vacaria houve um crescimento significativo da Produção Agrícola Municipal (PAM) relacionada ao milho, com uma variação anual de 37% de 2015 para 2016. No entanto, a Produção Agrícola Municipal (PAM) do milho teve uma variação nesse mesmo período de apenas 7%, o que pode indicar que a cidade não depende dessa cultura para seu crescimento econômico.

Outro fato interessante é que, neste mesmo ano de 2016, a cidade de Vacaria teve o maior investimento da série, seguido de um crescimento da Produção Agrícola Municipal (PAM) no ano seguinte de 39%. No entanto, não podemos afirmar que esse crescimento esteja vinculado ao plano ABC, visto que cidades como Cruz Alta tiveram variações anuais superiores a 100% e não receberam investimentos ligados ao plano ABC. Isso também corrobora a falta de relação entre a Produção Agrícola Municipal (PAM) e o Valor Adicionado Bruto (VAB). Além disso, em Vacaria, houve um aumento da Produção Agrícola Municipal (PAM) e uma queda no Valor Adicionado Bruto (VAB) em 2017, um padrão que se repetiu em diversas outras cidades dessa série.

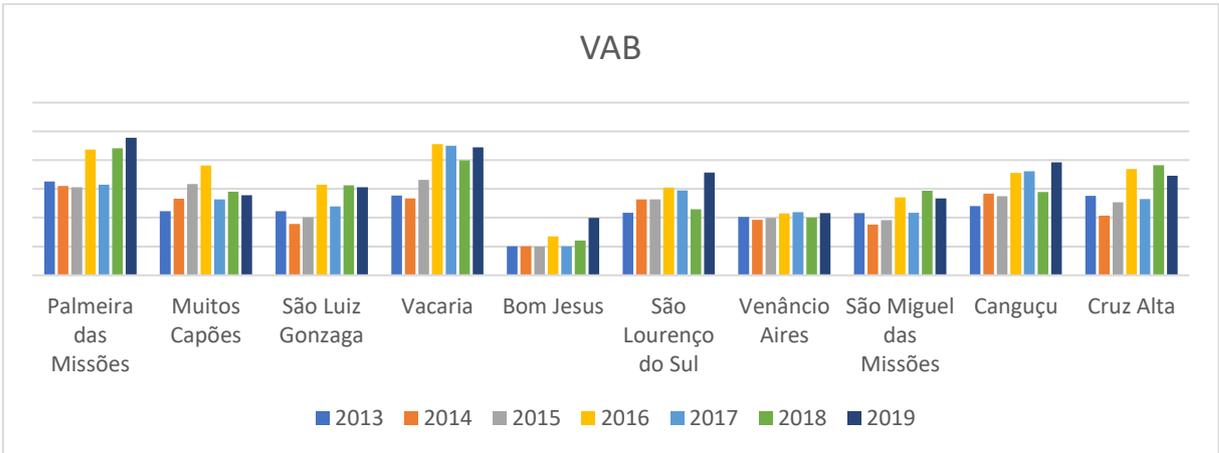
Uma vez que não houve variação entre produção e emissões nessa cultura, e ela mantém a mesma anual variação e uma correlação de 1, os indícios apontam que pode não ter ocorrido uma efetividade do plano para essa cultura nessas cidades.

Gráfico 5 – Investimento Milho



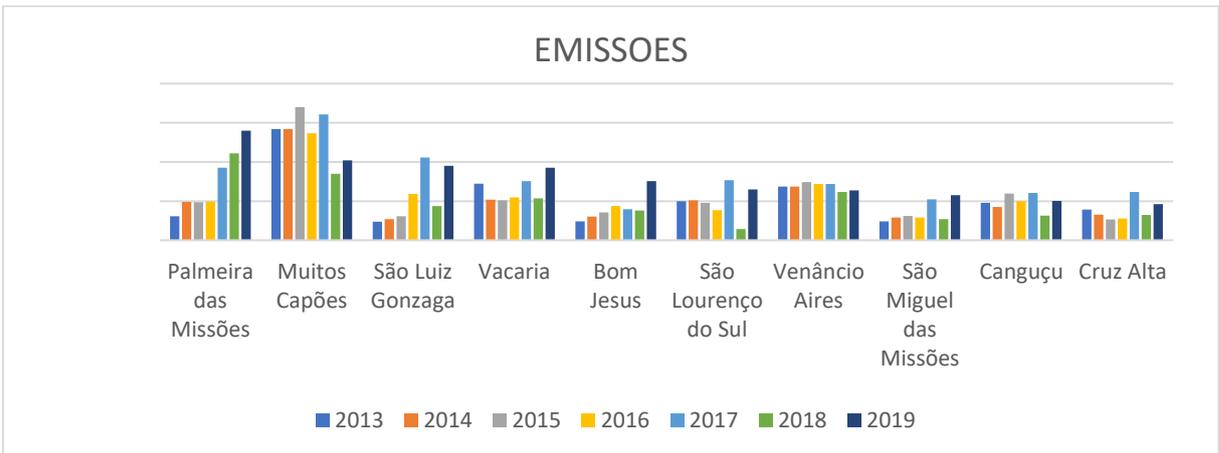
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 6 – VAB Milho



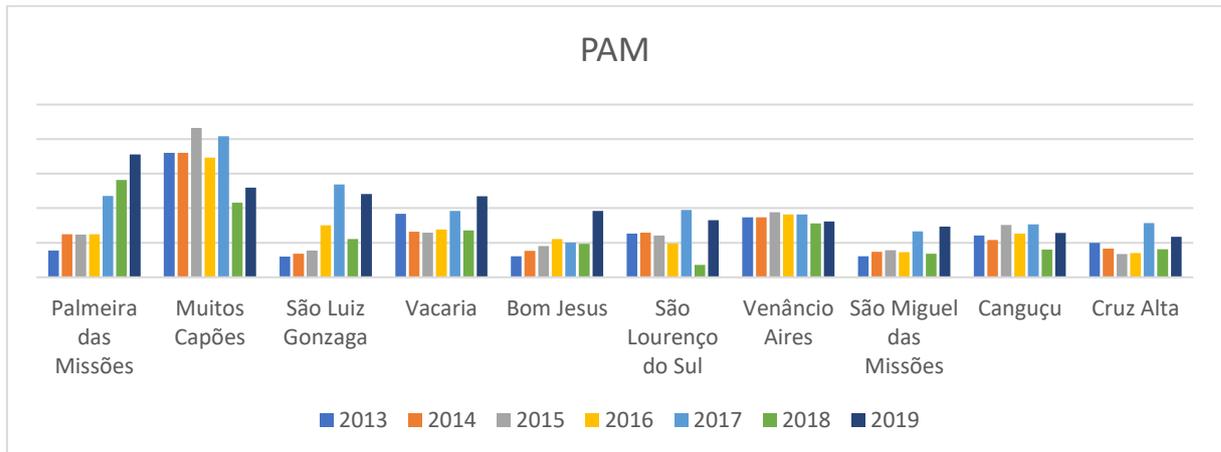
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 7 – Emissões Milho



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 8 – PAM Milho



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.3 Trigo

A cultura do trigo, ao ser analisada, apresenta um padrão consistente tanto para as emissões quanto para a Produção Agrícola Municipal (PAM). Na amostragem em questão, observa-se que a cidade que recebeu o maior investimento, São Miguel das Missões, registrou o mesmo crescimento médio de produção durante o período, comparado à cidade que não recebeu investimento algum, como Santo Augusto, com um aumento de 15% no mesmo período. É importante ressaltar que a maior parte dos investimentos ocorreu nos três primeiros anos do plano, entre 2013 e 2015.

Tupanciretã, por sua vez, demonstrou uma alta variação no PAM da cultura do trigo ao longo da série temporal, porém, manteve um Valor Adicionado Bruto (VAB) estável. Isso pode indicar que a economia da cidade não possui uma grande dependência da cultura do trigo. Já para Palmeira das Missões, a variação do PAM não parece apresentar uma relação direta com o VAB nos três primeiros anos da série, o que muda a partir de 2016, quando ocorre um notável aumento no PAM, seguido por um significativo aumento no VAB. O inverso ocorre em 2017, quando há uma queda na produção, seguida por uma redução no VAB.

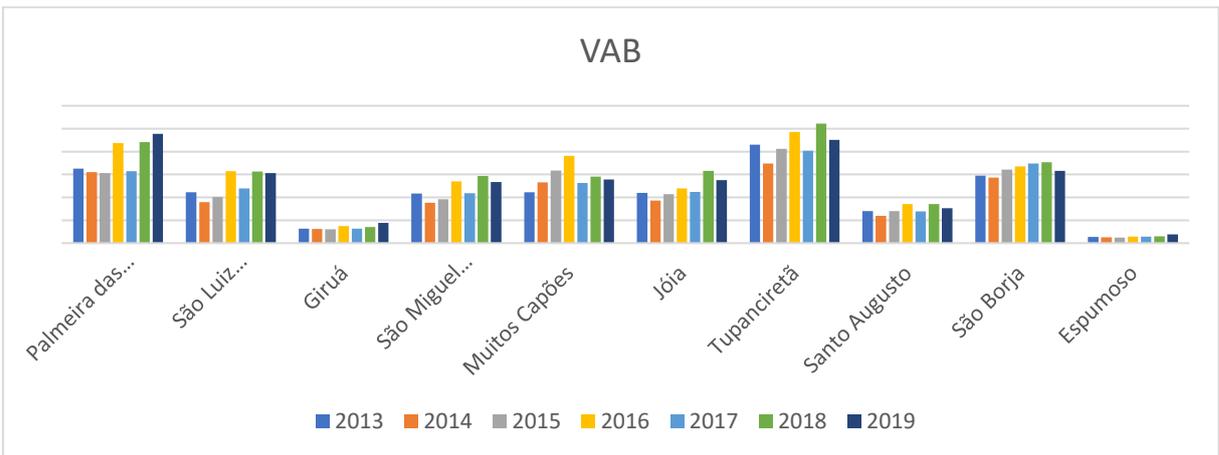
No que diz respeito ao plano em questão, os indícios apontam para a falta de efetividade na amostragem analisada para essa cultura, uma vez que tanto a produção quanto as emissões mantêm uma variação similar ao longo do período estudado.

Gráfico 9 – Investimento Trigo



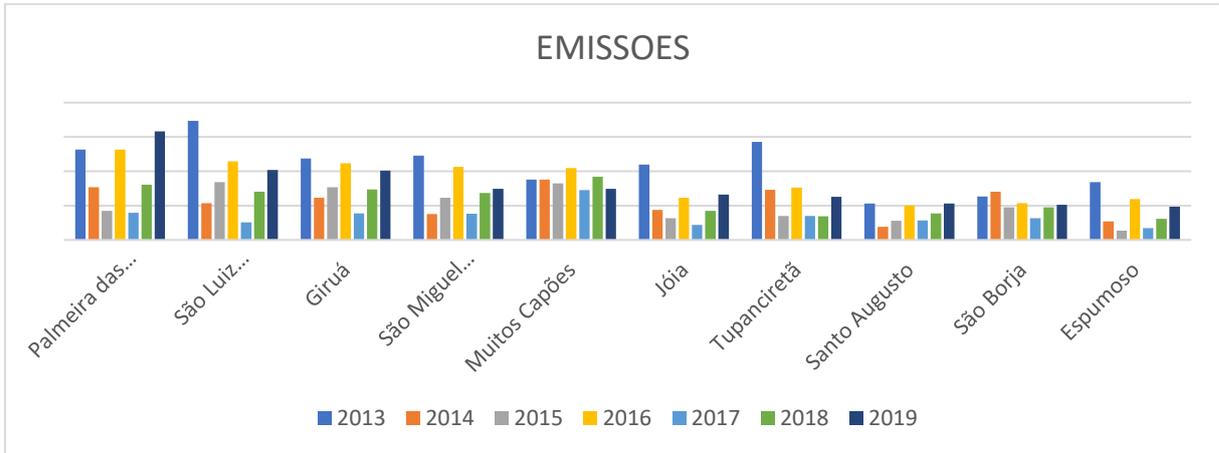
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 10 – VAB Trigo



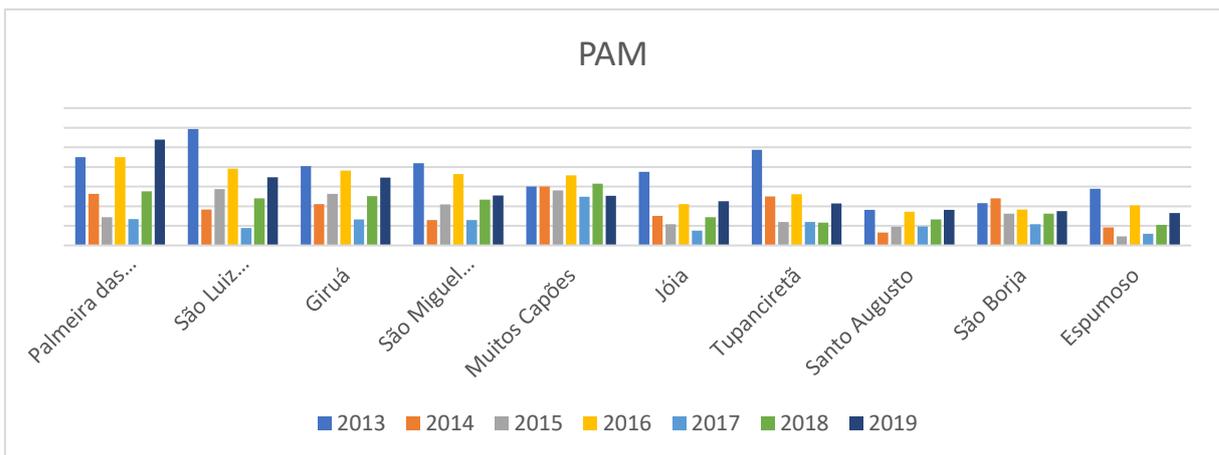
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 11 – Emissões Trigo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 12 – PAM Trigo



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.4 Arroz

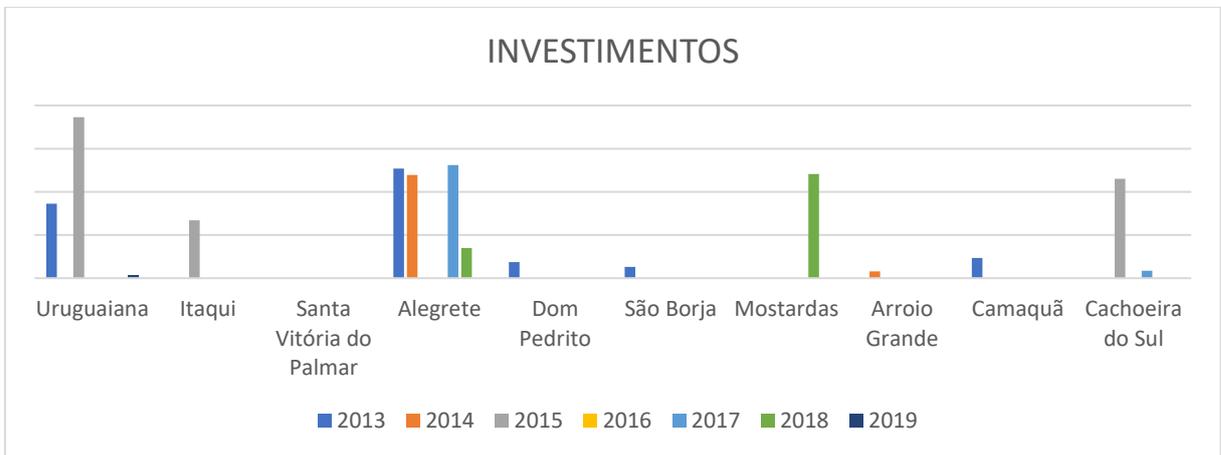
Ao analisarmos a cultura do arroz, percebemos que, em comparação com outras culturas, todas as correlações apresentam valores abaixo de 1, variando entre 0,6 na cidade de Mostardas e 0,91 em Itaquí. Embora a correlação seja positiva e alta, é interessante notar que no ano de 2016 ocorreu uma queda brusca na Produção Agrícola Municipal (PAM) em Itaquí, o que não foi acompanhado pelas emissões. Nesse mesmo ano, a cidade de Santa Vitória do Palmar apresentou uma produção maior que Itaquí e uma emissão relativamente similar.

Observa-se que a tendência dos investimentos segue o mesmo padrão de outras culturas, alcançando o ápice nos três primeiros anos do plano. Curiosamente, ao analisarmos o Valor

Adicionado Bruto (VAB), ocorre uma inversão no ranking das cidades. Apesar do arroz ser uma cultura forte no estado do Rio Grande do Sul, Cachoeira do Sul é a cidade com o VAB mais alto do período, porém apresenta o menor PAM. Esse fato sugere que essa cidade não depende significativamente dessa cultura, ao contrário de Uruguaiana, onde, no período de 2013 a 2017, tanto o PAM quanto o VAB seguem padrões semelhantes, o que pode indicar uma maior dependência dessa cultura.

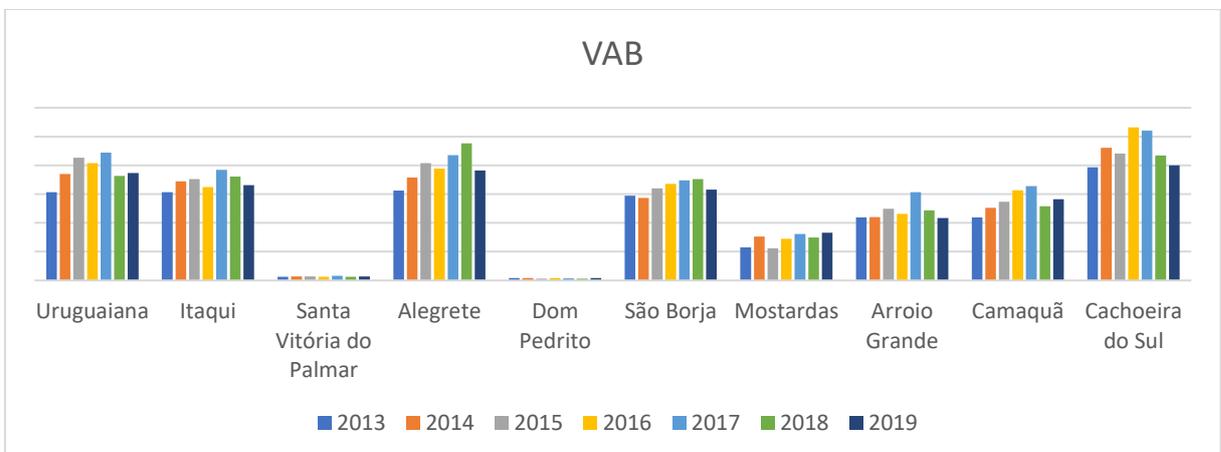
Após a análise, não é possível afirmar a efetividade do plano em questão para essa cultura em específico, uma vez que não se observa um padrão consistente de aumento na produção após os investimentos, nem uma queda visível nas emissões ou na correlação entre PAM e emissões.

Gráfico 13 – Investimento Arroz



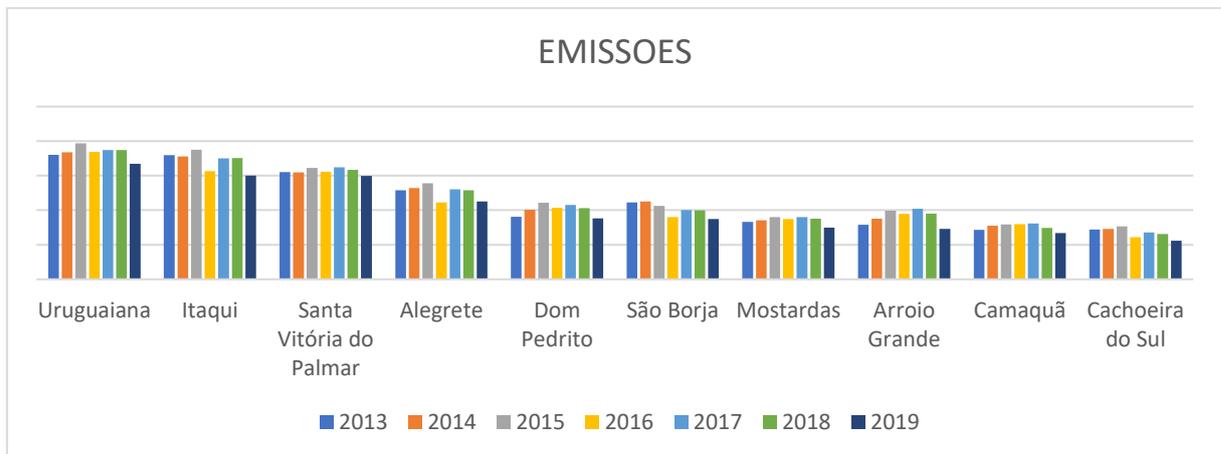
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 14 – VAB Arroz



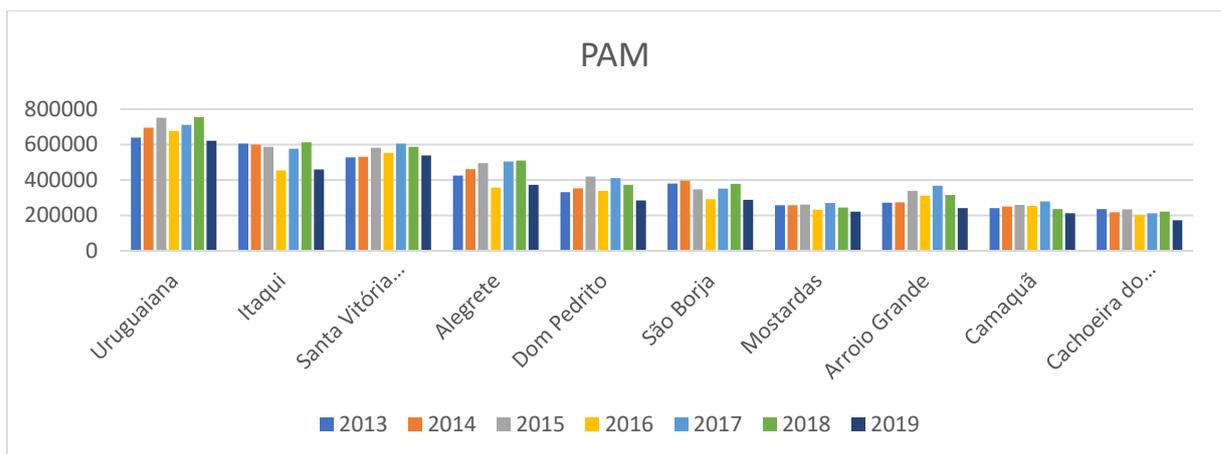
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 15 – Emissões Arroz



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 16 – PAM Arroz



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5 Análise dos Resultados - Agricultura

Este capítulo analisou as correlações entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE), a Produção Agrícola Municipal (PAM) e o Valor Adicionado Bruto (VAB) em relação a quatro culturas principais: soja, milho, trigo e arroz, no estado do Rio Grande do Sul. Observou-se que, em geral, as correlações entre a PAM e as emissões foram positivas, indicando que o crescimento da produção agrícola estava associado ao aumento das emissões de GEE.

No entanto, os resultados variaram entre as culturas e as cidades analisadas. Na cultura da soja, não foi possível identificar uma redução real das emissões relacionadas ao Plano ABC, sugerindo uma possível falta de eficácia do plano para essa cultura. O milho apresentou um

padrão semelhante, com variações na PAM e nas emissões, mas novamente sem uma clara efetividade do Plano ABC.

Na cultura do trigo, as correlações entre PAM e emissões foram consistentes, mas também não houve evidência sólida de eficácia do plano. No caso do arroz, as correlações foram positivas, mas um evento notável em 2016 mostrou uma queda na PAM que não foi acompanhada por uma queda nas emissões.

Além disso, a relação entre PAM, VAB e os investimentos do Plano ABC revelou complexidades nas interações entre as culturas, o crescimento econômico e as emissões. Algumas cidades demonstraram não depender significativamente das culturas analisadas, enquanto outras pareciam mais dependentes.

### 4.3 AGROPECUARIA

Este capítulo foi dividido em duas partes, a primeira parte e referente as emissões oriundas do manejo de dejetos de animais e suas principais espécies, a segunda parte referente a fermentação entérica e suas principais espécies.

#### **4.3.1 Manejo de dejetos de animais**

Neste capítulo foram analisados os dados referentes ao manejo de dejetos de animais.

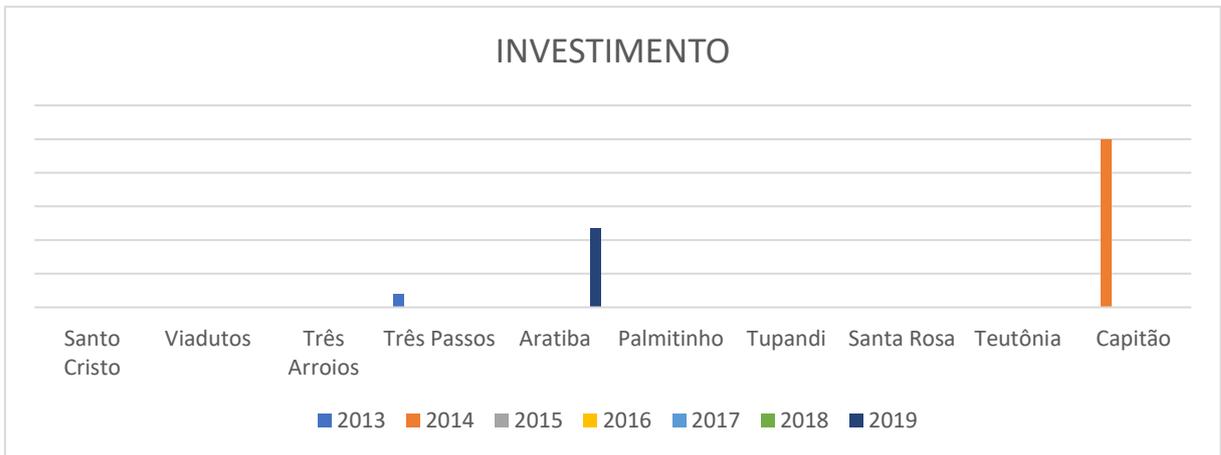
##### 4.3.1.1 Suínos

Ao examinarmos a inclinação dentro da amostragem escolhida, percebemos que o fenômeno se assemelha ao observado nas práticas agrícolas, onde as emissões seguem um padrão muito similar ao da produção. No contexto da agropecuária, em vez da Produção Agrícola Municipal (PAM), substituímos pela métrica de rebanho efetivo, revelando uma notável correlação em todas as localidades abarcadas pela seleção, com valores superiores a 0,99 em todos os casos.

Dentre as cidades presentes na amostragem, somente três registraram aporte de investimentos: Três Passos, Aratiba e Capitão. Notavelmente, a tendência dos investimentos segue o mesmo padrão observado na agricultura, onde a maior parcela dos recursos foi direcionada durante os três anos iniciais do plano.

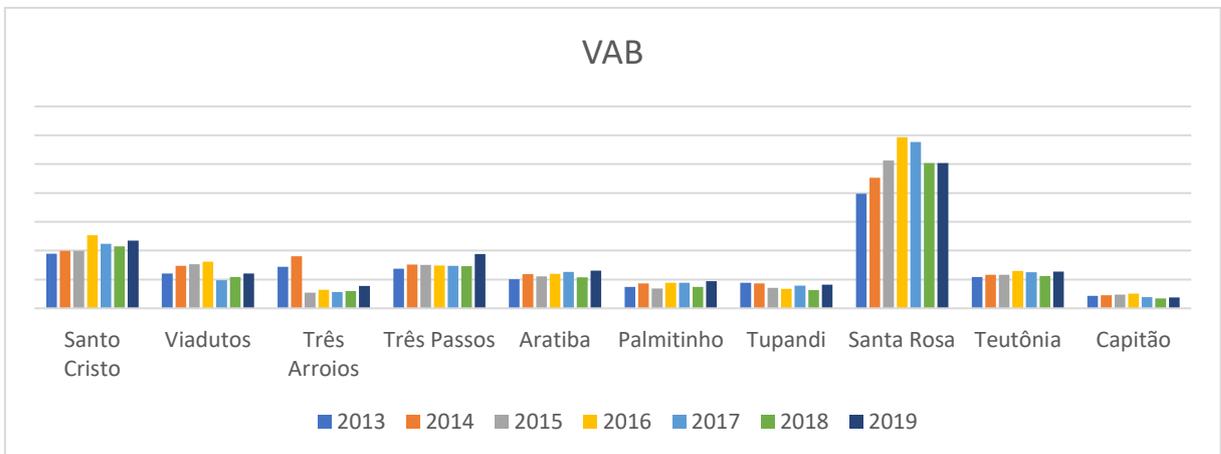
Devido à adesão limitada ao plano nas localidades selecionadas, a avaliação de sua eficácia é dificultada. Vale ressaltar que Aratiba se destaca como a única cidade a ter recebido investimentos substanciais, e embora tenha ocorrido uma redução nas emissões, a análise de correlação sugere que esse resultado possa ser atribuído à diminuição do rebanho efetivo.

Gráfico 17 – Investimento Suíno – Manejo Dejeito de Animais



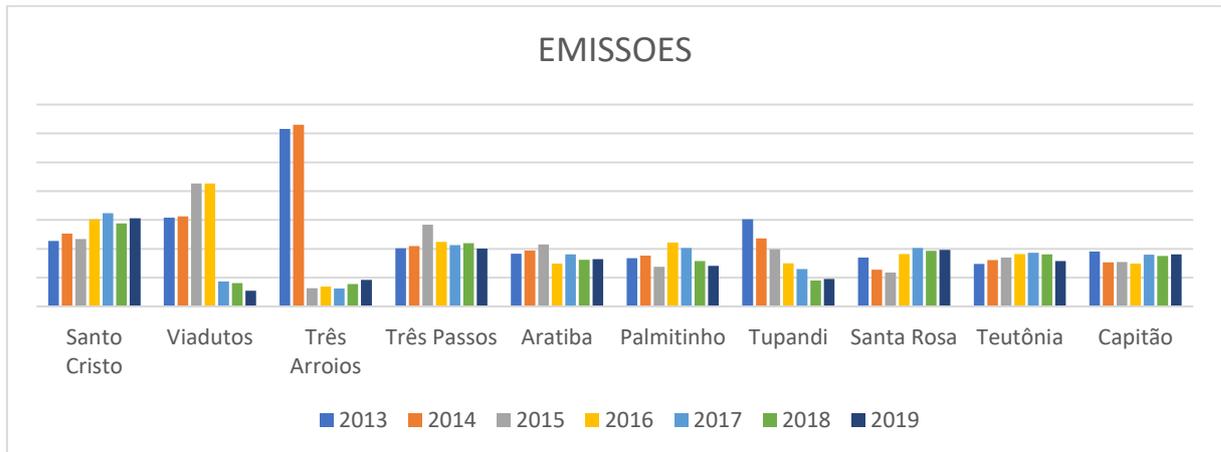
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 18 – VAB Suíno – Manejo Dejeito de Animais



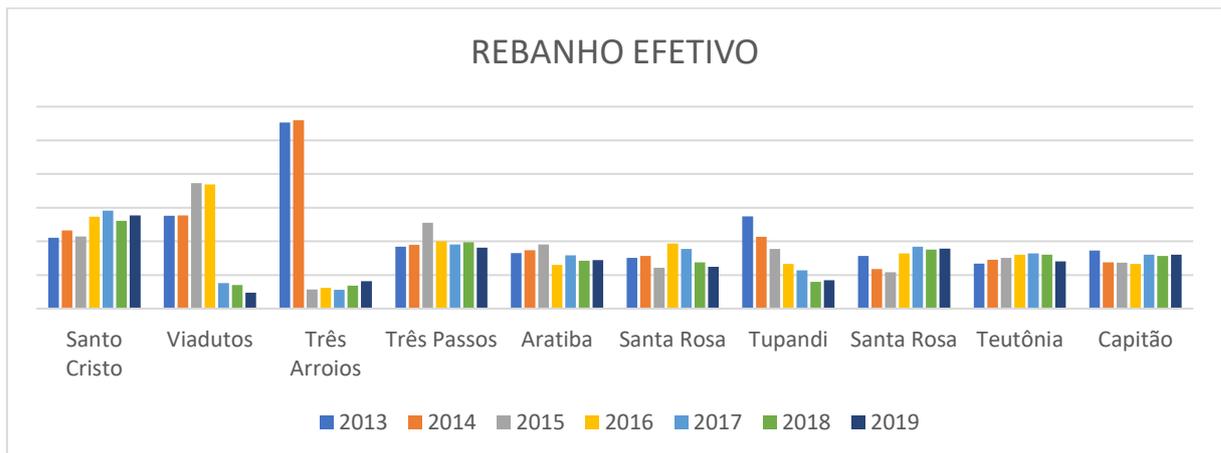
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 19 – Emissões Suíno – Manejo Dejeto de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 20 – Rebanho Efetivo Suíno – Manejo Dejeto de Animais

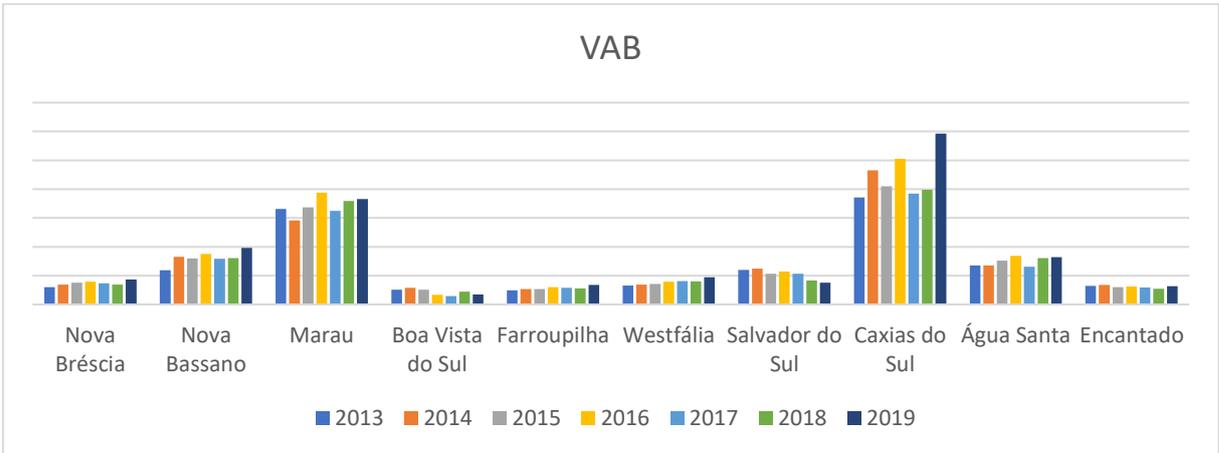


Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.1.2 Aves

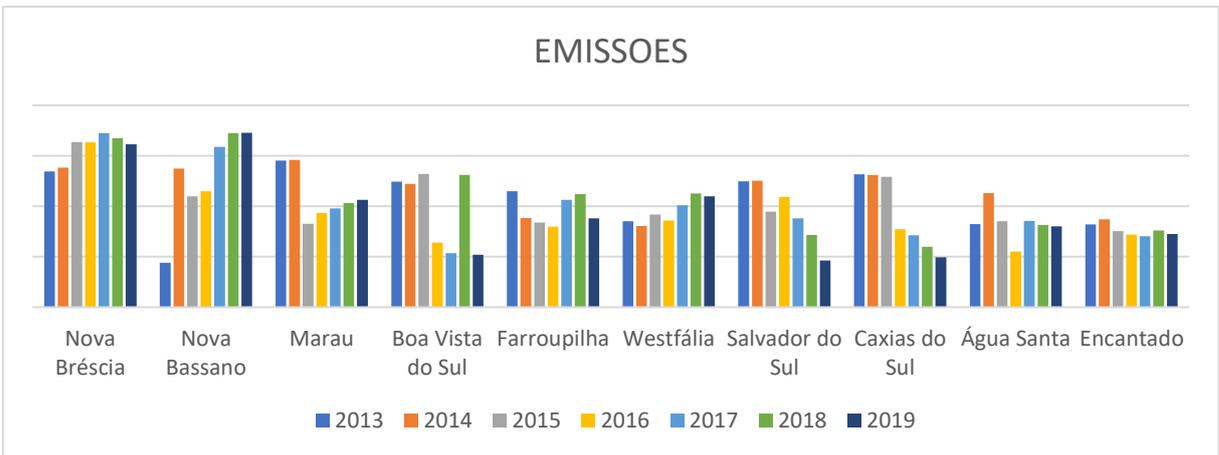
No contexto da espécie em questão, a avaliação da eficácia do Plano ABC se torna inviável, uma vez que as localidades selecionadas não foram objeto de investimentos vinculados a esse plano durante o período em análise. Todavia, é pertinente observar que o padrão exibido guarda semelhanças com aquele observado nos Suínos, onde se manifesta uma correlação significativa entre as emissões e o tamanho do rebanho.

Gráfico 21 – VAB Aves – Manejo Dejeito de Animais



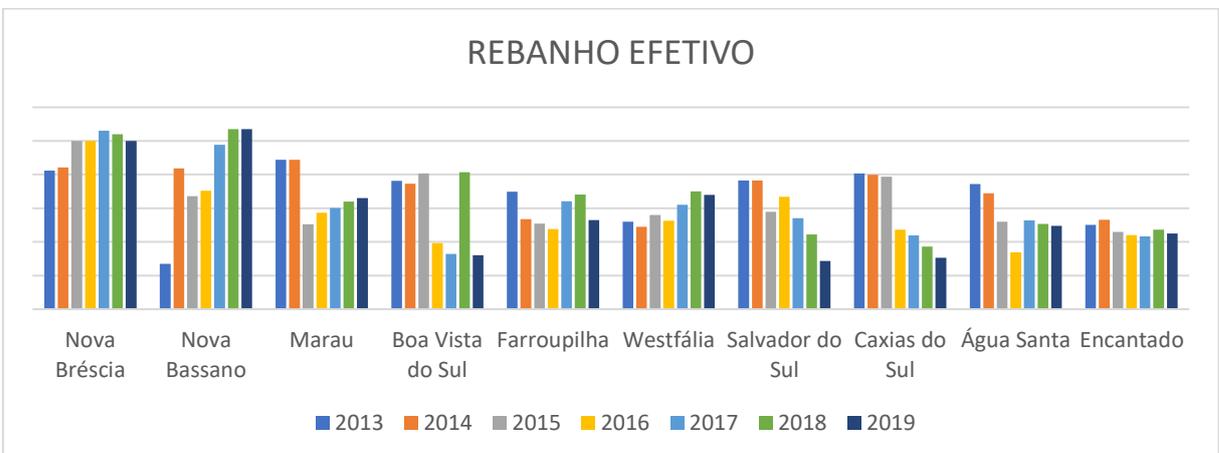
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 22 – Emissões Aves – Manejo Dejeito de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 23 – Rebanho Efetivo Aves – Manejo Dejeito de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

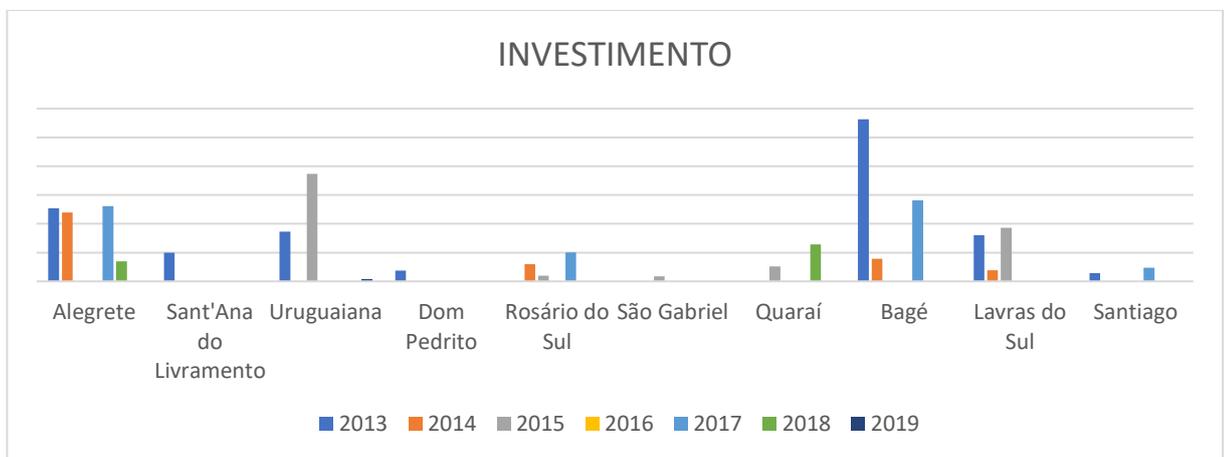
#### 4.2.1.3 Gado de leite

É importante destacar que tanto para o gado de leite quanto para o gado de corte, a amostragem analisada é a mesma. Além disso, essa amostragem se destaca por ter recebido os investimentos mais substanciais em comparação com as análises anteriores. Embora os maiores aportes de recursos tenham ocorrido nos primeiros anos do plano, os três anos finais também foram marcados por investimentos consideráveis.

Ao analisarmos os dados, podemos perceber que, embora haja uma correlação significativa em várias cidades, essa correlação é menor em comparação com outras classes de animais, sendo todos os coeficientes abaixo de 0,9 e negativos em duas cidades. Sant'Ana do Livramento apresenta uma correlação negativa fraca, enquanto Bage apresenta uma correlação negativa forte, sendo também a cidade que recebeu o maior investimento neste estudo.

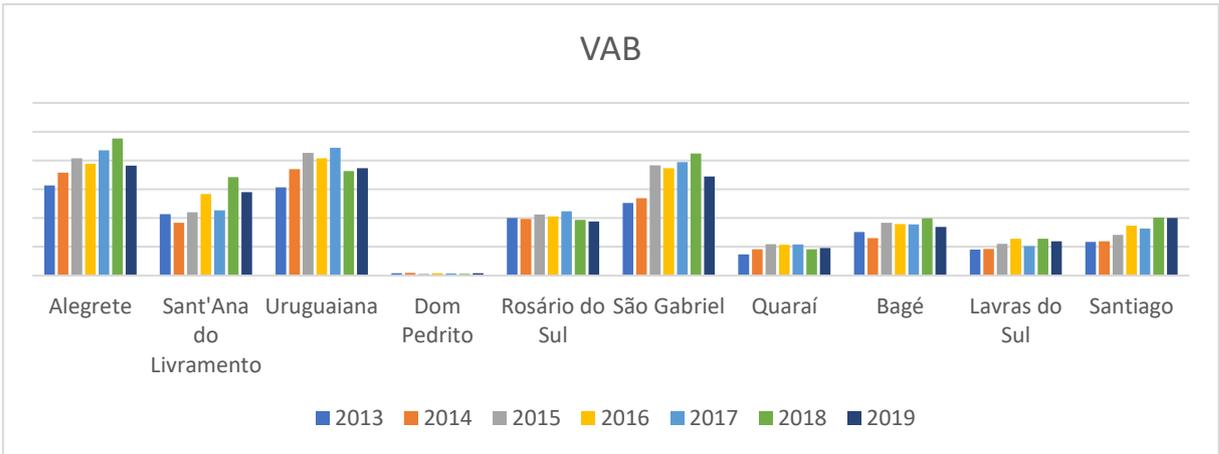
Ao analisarmos os dados de forma mais detalhada, podemos inferir uma possível redução real nas emissões, porém, não podemos afirmar com certeza, uma vez que essa redução pode ser influenciada por particularidades da classe de animal ou pelas próprias informações fornecidas pelo SEEG.

Gráfico 24 – Investimento Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais



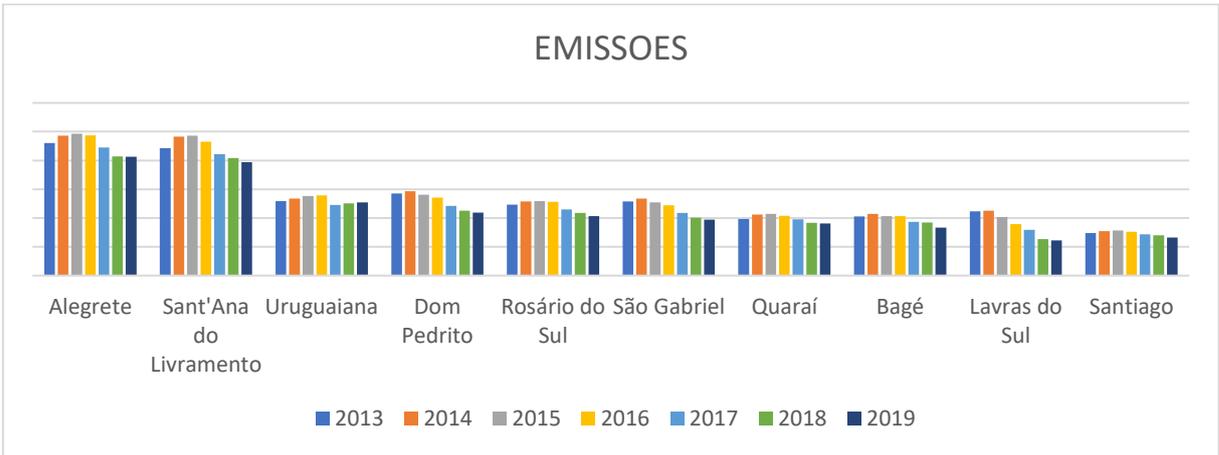
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 25 – VAB Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais



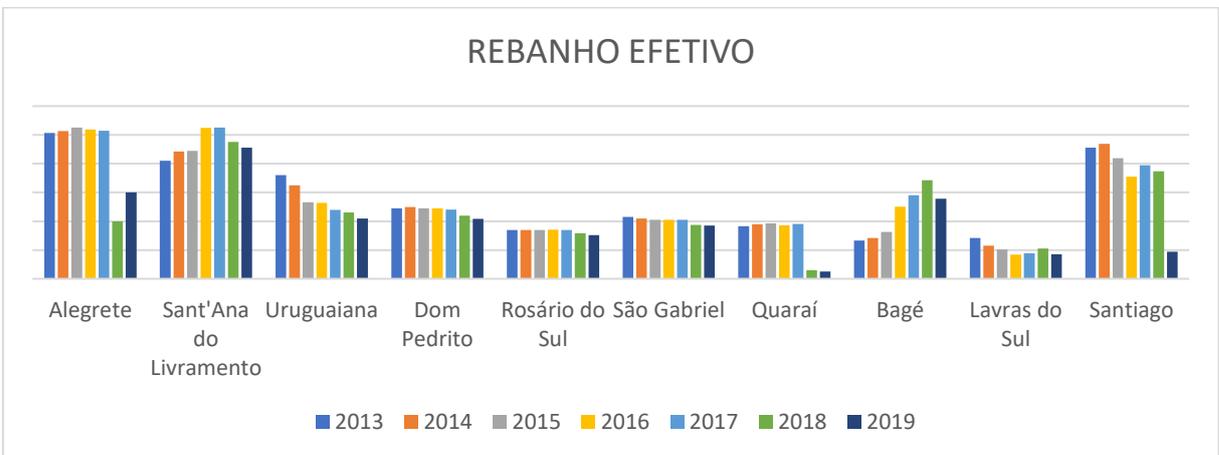
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 26 – Emissões Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 27 – Rebanho Efetivo Gado de Leite – Manejo Dejeito de Animais



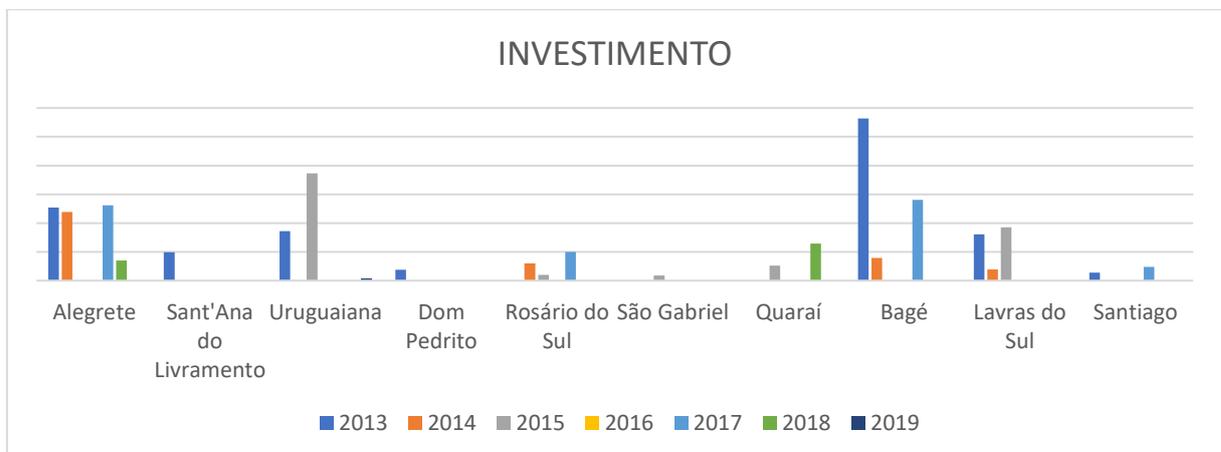
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.1.4 Gado de corte

Continuando no mesmo enfoque aplicado ao gado de leite, no caso do gado de corte, todas as cidades presentes na amostra em análise registraram investimentos. Entretanto, a correlação entre as emissões e o rebanho efetivo é mais acentuada em comparação com a análise anterior. Cumpre salientar que essa discrepância pode estar relacionada com a considerável disparidade entre as amostras. Notadamente, ao comparar os dados de 2019 entre as categorias de gado de leite e corte, verifica-se que a primeira amostra corresponde a meros 1% da amplitude da segunda. Uma observação notável é que, ao analisar as quantidades de emissões em toneladas de CO<sub>2</sub>, o gado de leite apresenta uma quantidade praticamente dobrada em relação ao gado de corte. Isso pode ser influenciado pelo método de cálculo de emissões adotado pelo SEEG, ou até mesmo pela relevância do gado de corte para o Valor Adicionado Bruto (VAB) das respectivas localidades. Essa dinâmica poderia implicar em uma alocação mais significativa de investimentos, não exclusivamente do Plano ABC, para mitigar as emissões provenientes dessa categoria animal específica. No entanto, uma asserção categórica nesse sentido não é possível.

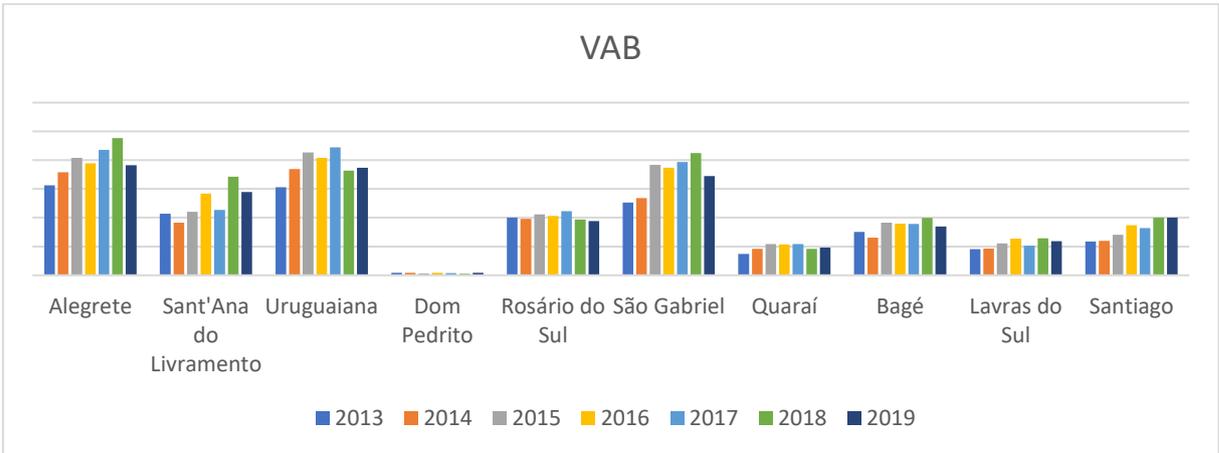
Tendo em vista a expressiva correlação verificada em praticamente todas as cidades da amostra, a capacidade de se determinar a eficácia ou não do plano nessas localidades encontra-se limitada. É essencial notar que, embora a correlação seja alta, ela se mantém abaixo do valor 1, em linha com outras análises, podendo, entretanto, ser atribuída à natureza intrínseca das emissões relativas a essa classe específica.

Gráfico 28 – Investimento Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais



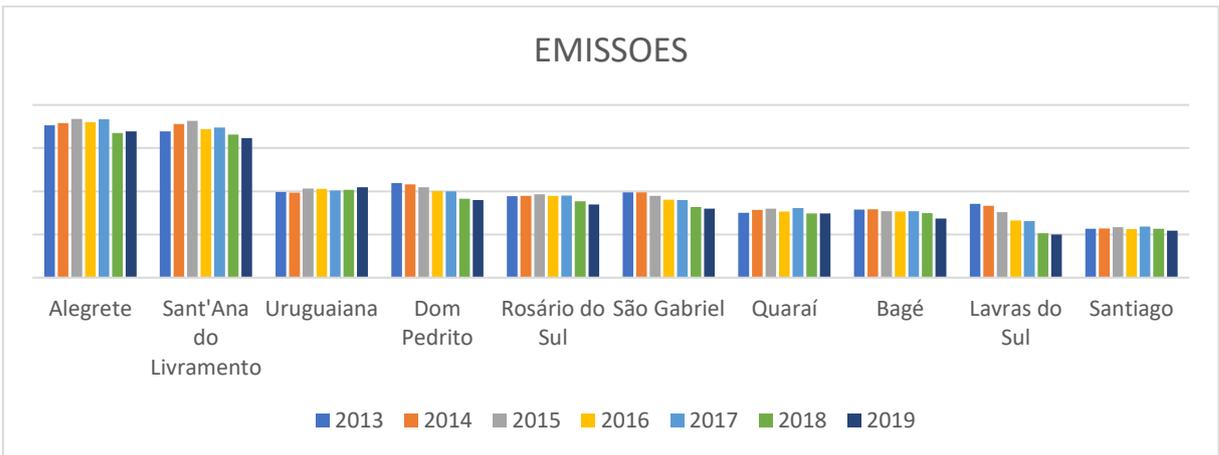
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 29 – VAB Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais



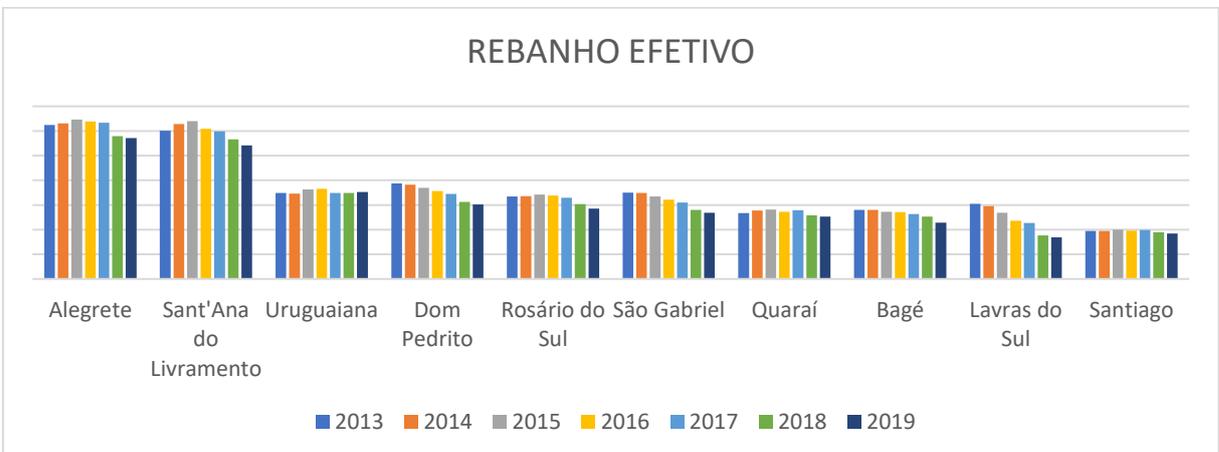
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 30 – Emissões Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 31 – Rebanho Efetivo Gado de Corte – Manejo Dejeito de Animais



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.1.5 Análise dos resultados – Manejo de dejetos de animais

Ao analisar as emissões de GEE relacionadas aos dejetos de animais e a eficácia do Plano ABC em reduzi-las, verificou-se que a correlação entre o tamanho do rebanho e as emissões de GEE varia dependendo das categorias de animais e das localidades estudadas.

Primeiramente, observa-se que o Plano ABC demonstrou resultados variados. Em algumas áreas, a correlação entre as emissões e o tamanho do rebanho foi alta, enquanto em outras, essa correlação foi menos evidente. Em geral, os investimentos no Plano ABC ocorreram principalmente nos primeiros anos de implementação, o que pode ter impactado positivamente na redução das emissões em algumas localidades.

No entanto, a eficácia geral do Plano ABC em mitigar as emissões de GEE relacionadas aos dejetos de animais permanece incerta. A adesão limitada ao plano em algumas áreas dificultou a avaliação de seu impacto. Além disso, diferenças nas amostras, nas categorias de animais e nas características intrínsecas das emissões podem explicar as variações nos resultados observados.

Em resumo, as análises apontam para a complexidade da relação entre o tamanho do rebanho e as emissões de GEE nos setores de pecuária e agricultura. A eficácia do Plano ABC em abordar essas emissões parece depender de diversos fatores, e conclusões definitivas sobre seus impactos requerem considerações mais detalhadas e análises mais abrangentes.

### 4.3.2 Fermentação entérica

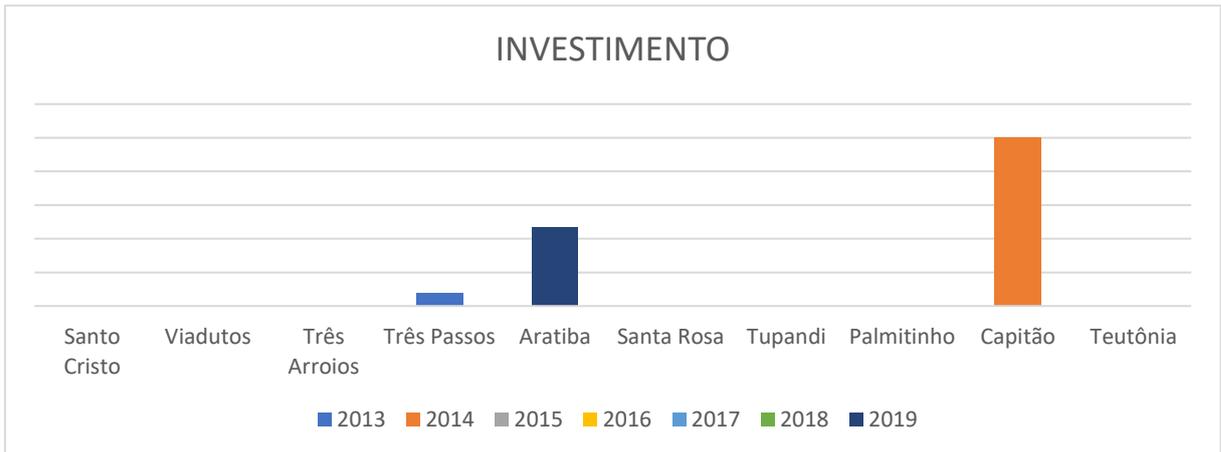
Neste capítulo foram analisados os dados referentes a Fermentação entérica.

#### 4.3.2.1 Suínos

Seguindo a mesma tendência de análise aplicada ao manejo de resíduos animais, no contexto da fermentação entérica em suínos, a correlação entre as emissões e o rebanho efetivo atinge o valor de 1. Esse coeficiente sugere que as variações nas emissões estão diretamente proporcionais às alterações no número de animais, ou seja, um aumento ou diminuição no rebanho reflete em um aumento ou diminuição proporcional nas emissões. Essa observação oferece um indício de que a eficácia das medidas adotadas para esse tipo específico de emissão em suínos não apresenta um impacto efetivo.

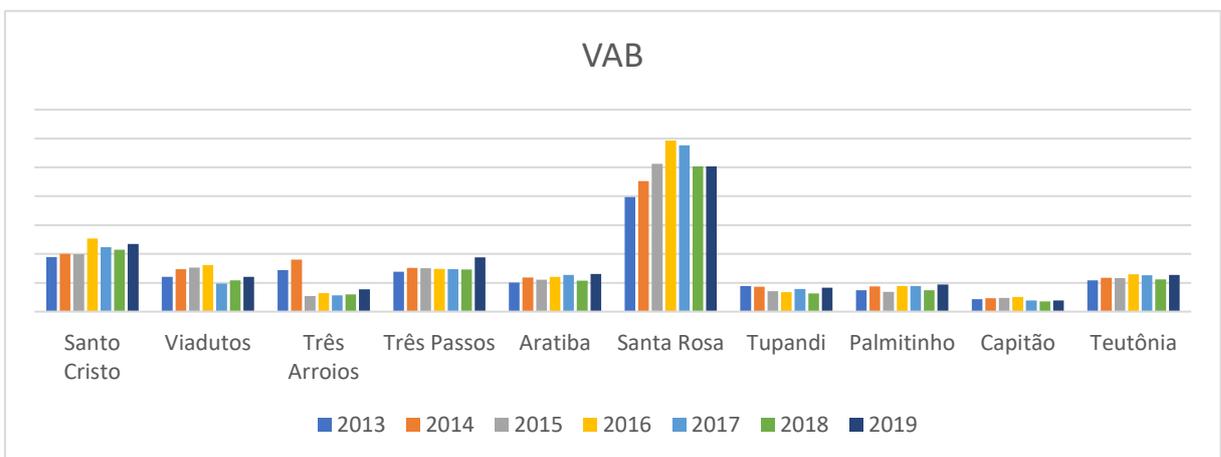
No entanto, é importante mencionar que essa interpretação não pode ser confirmada, uma vez que outros fatores também podem influenciar esse resultado. Entre esses fatores, destacam-se a metodologia empregada pelo SEEG, a seleção da amostra analisada e a quantidade de dados abrangidos por essa amostra.

Gráfico 32 – Investimento Suíno – Fermentação Entérica



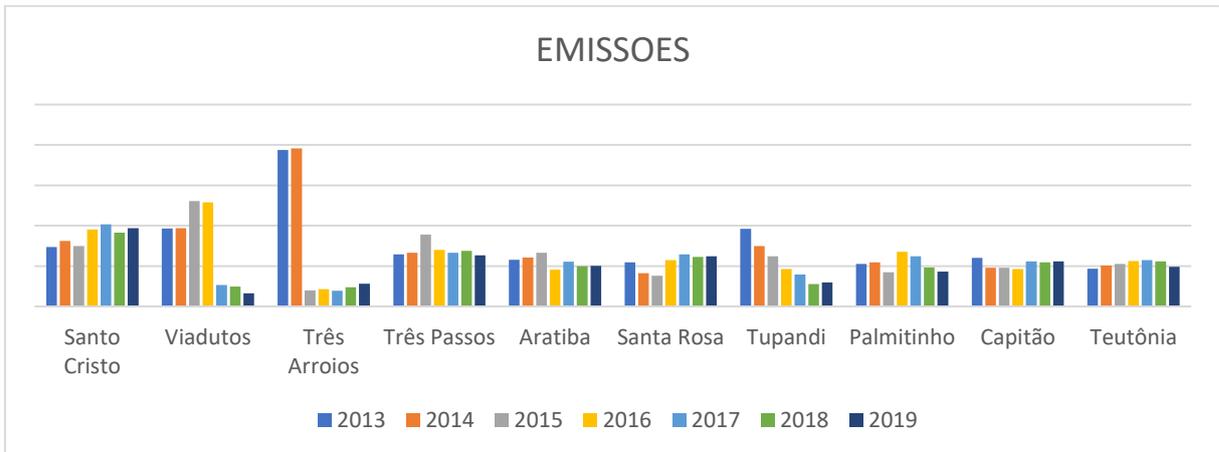
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 33 – VAB Suíno – Fermentação Entérica



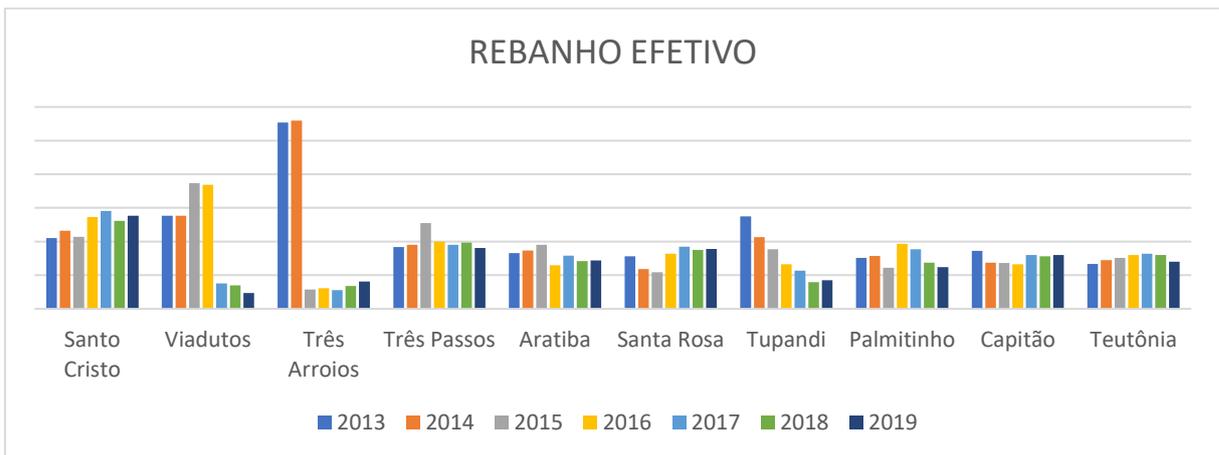
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 34 – Emissões Suíno – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 35 – Rebanho Efetivo Suíno – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.2.2 Ovinos

Nos ovinos, observa-se uma tendência similar às amostras prévias, onde a maior parte dos investimentos se concentra nos três anos iniciais do plano. Além disso, um ponto de interesse é a redução das emissões em todas as cidades analisadas. No entanto, ao aplicar o cálculo de correlação, evidencia-se que essa diminuição está diretamente associada à redução no tamanho do rebanho efetivo.

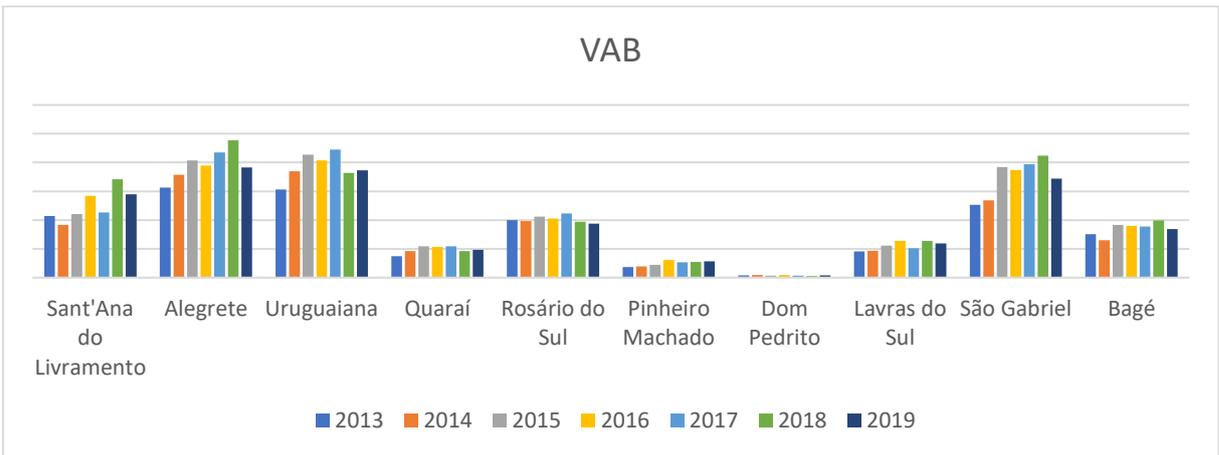
É importante ressaltar que a correlação entre o rebanho efetivo e as emissões é igual a 1, indicando que, para as cidades da amostra em análise, a eficácia do plano não se manifesta. Contudo, é prudente não afirmar categoricamente tal situação, uma vez que o número de investimentos ocorridos nestas cidades foi limitado.

Gráfico 36 – Investimento Ovino – Fermentação Entérica



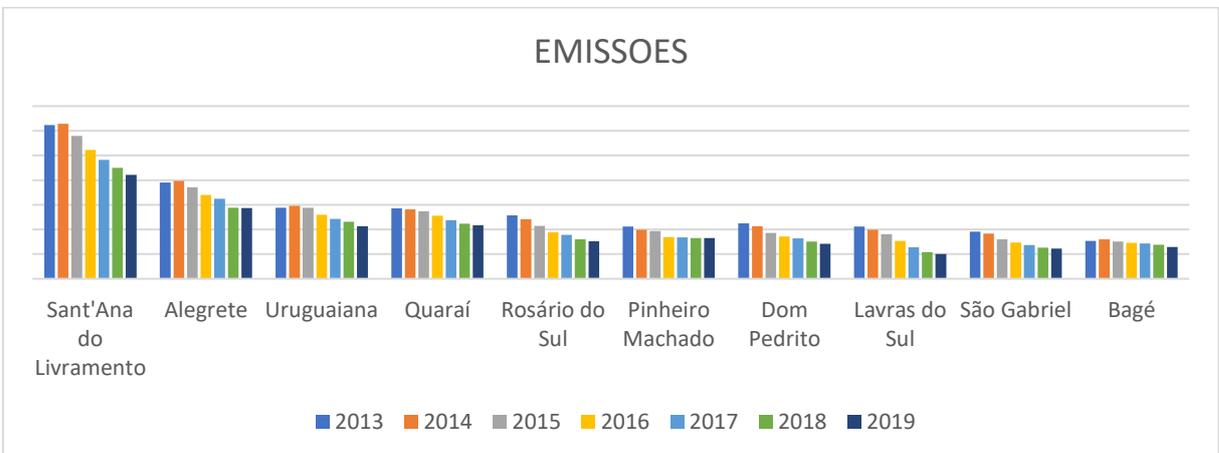
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 37 – VAB Ovino – Fermentação Entérica



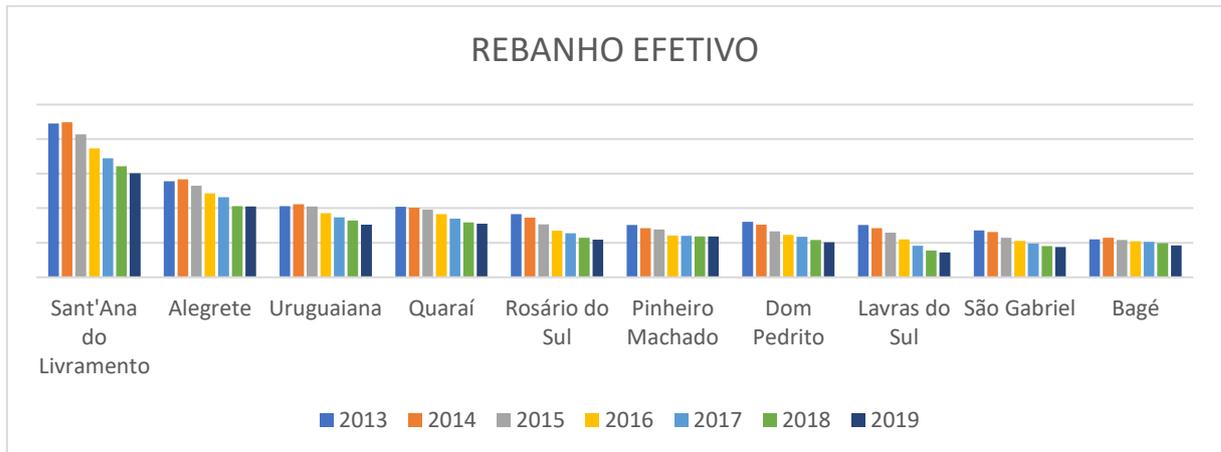
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 38 – Emissões Ovino – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 39 – Rebanho Efetivo Ovino – Fermentação Entérica



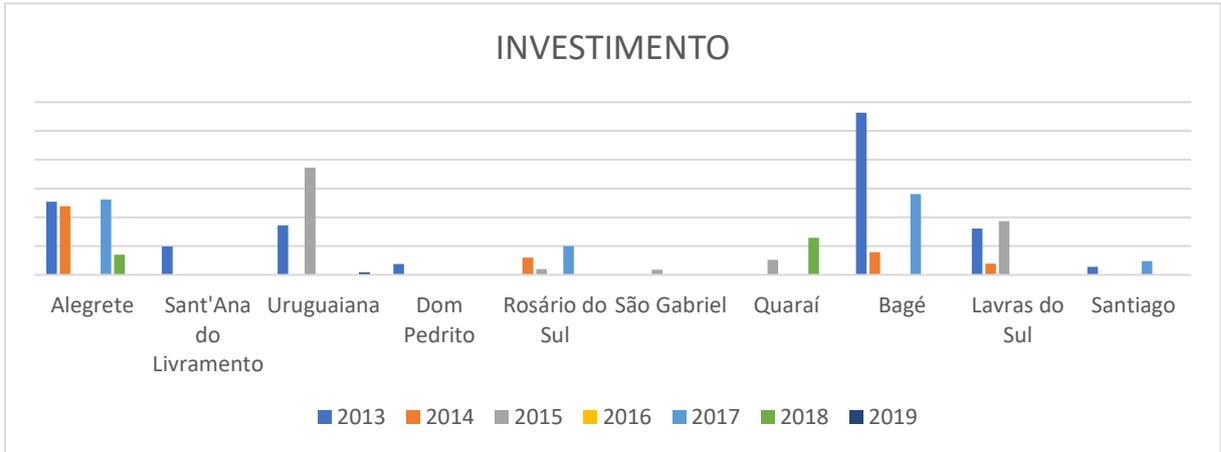
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.2.3 Gado de leite

Dado que a amostragem selecionada para o gado de leite é a mesma para ambos os tipos de emissões, ou seja, manejo e fermentação, os mesmos padrões permanecem consistentes. Nas cidades abrangidas por essa amostra, verifica-se uma concentração mais significativa de investimentos, e a maior parcela desses aportes ocorre nos três anos iniciais do plano.

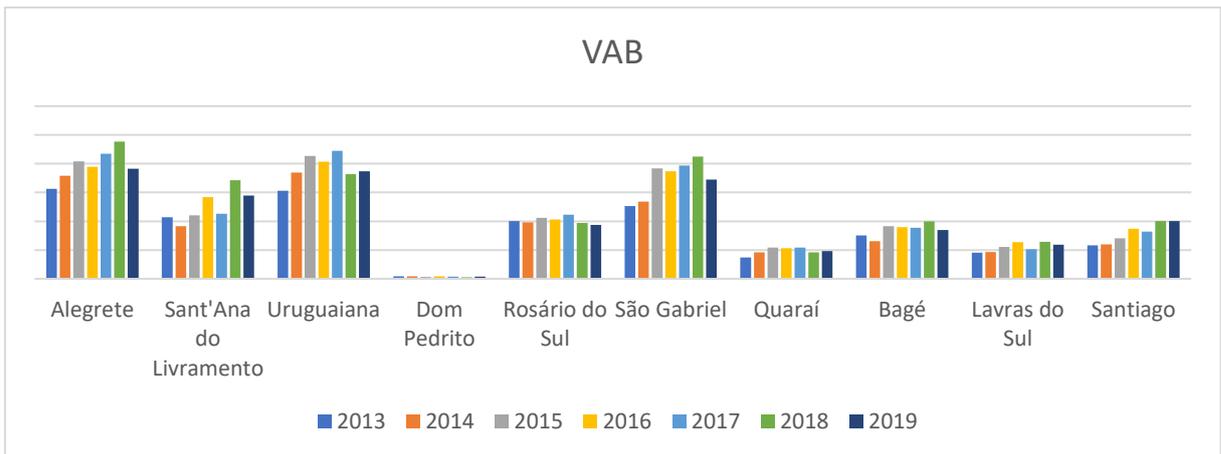
Ao examinarmos a correlação entre as emissões e o rebanho efetivo, duas cidades apresentam uma correlação negativa: Bagé, com uma correlação de -0,82, e Sant'Ana do Livramento, com uma correlação de -0,26. Apesar de reconhecermos que outros fatores, como mencionado em análises anteriores, podem influenciar a amostra, essa correlação ainda constitui um indicador válido para a avaliação da eficácia do plano nessas cidades, no que tange a esse tipo específico de animal. Isso é particularmente corroborado pelo fato de Bagé ser a cidade que registra os maiores investimentos em todas as amostras.

Gráfico 1 – Investimento Gado de Leite – Fermentação Entérica



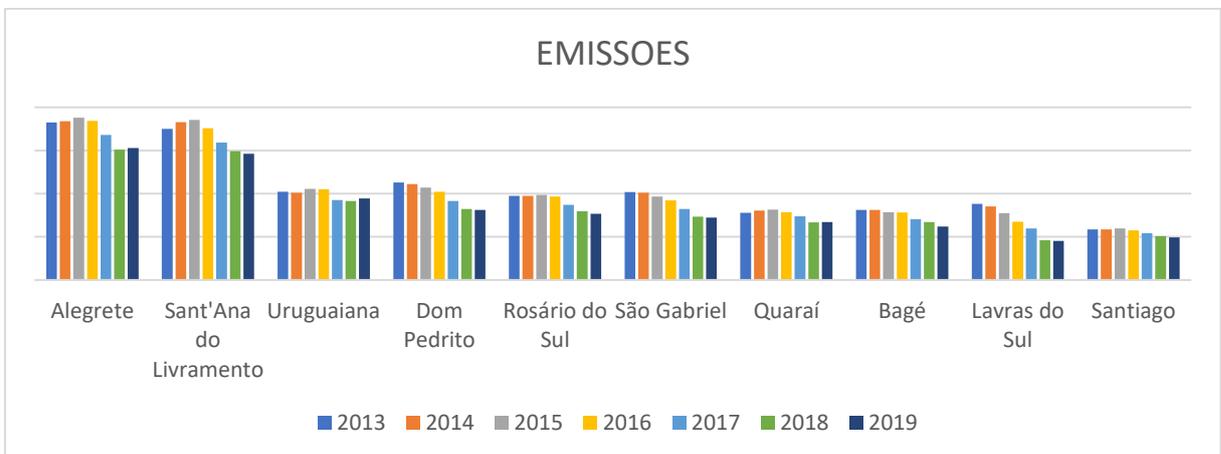
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 40 – VAB Gado de Leite – Fermentação Entérica



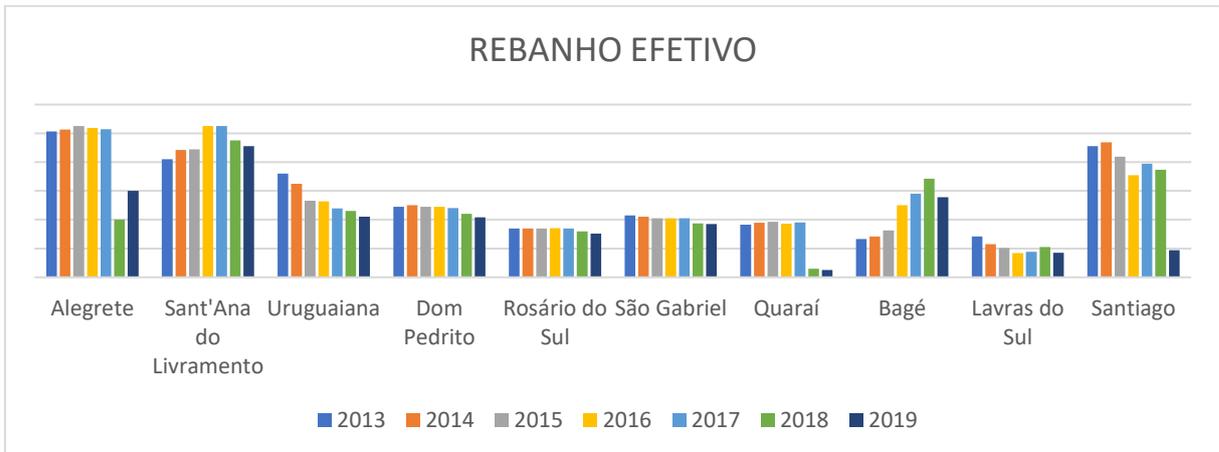
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 41 – Emissões Gado de Leite – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 42 – Rebanho Efetivo Gado de Leite – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

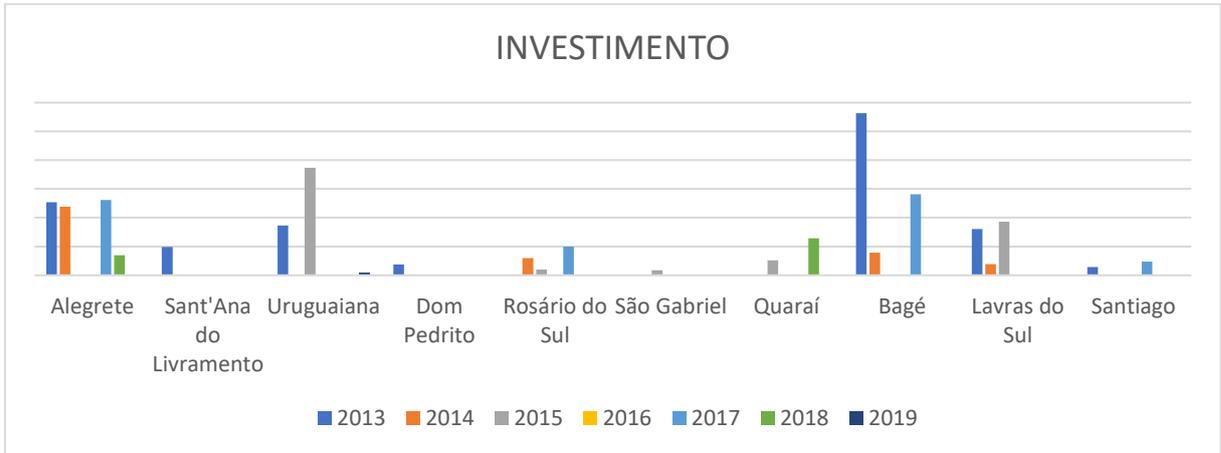
#### 4.3.2.4 Gado de corte

Ao contrário do manejo de resíduos animais, neste tipo específico de emissões, verifica-se o padrão previsto, onde o número de emissões é superior ao do gado de leite. Apesar de uma redução nas emissões totais entre o primeiro e o último ano da amostra, esse declínio tem um forte indicativo de estar associado à diminuição no tamanho do rebanho efetivo, considerando que todas as cidades apresentam uma correlação positiva de 0,9.

De acordo com uma matéria publicada no site EcoDebate, o gado é responsável por 79% das emissões no setor agropecuário. Outro ponto interessante é que o nível de emissões provenientes do gado de corte em fermentação entérica é comparável às emissões somadas das quatro culturas agrícolas selecionadas (ANÁLISE, 2018).

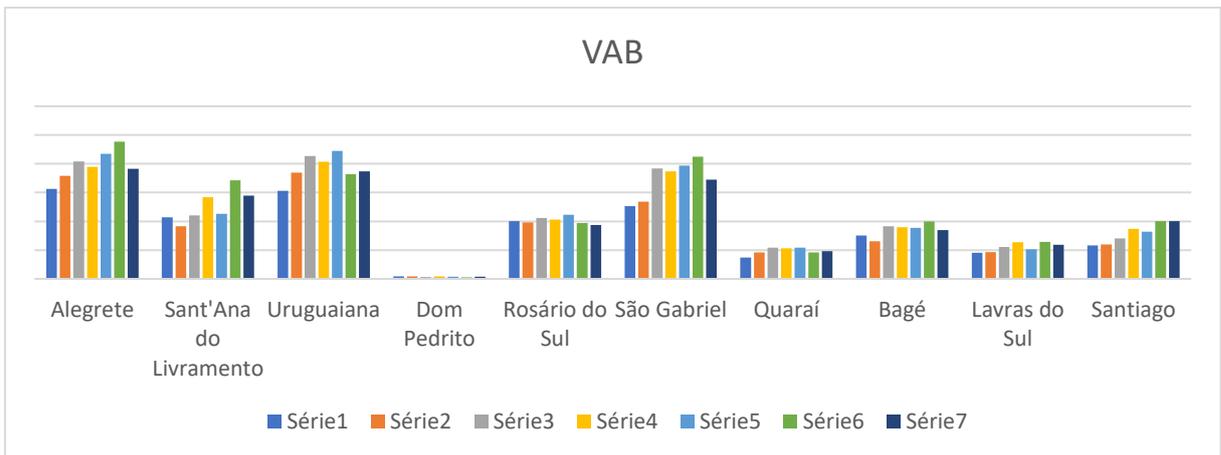
Devido aos fatores mencionados anteriormente, não é possível afirmar com certeza se o plano foi ou não efetivo para a amostragem em questão. Apesar da correlação ser significativamente alta, o nível de emissões também é elevado, o que resultaria em uma redução considerável nas emissões, mesmo que isso resultasse em uma diminuição na correlação menor do que 0,1.

Gráfico 43 – Investimento Gado de Corte – Fermentação Entérica



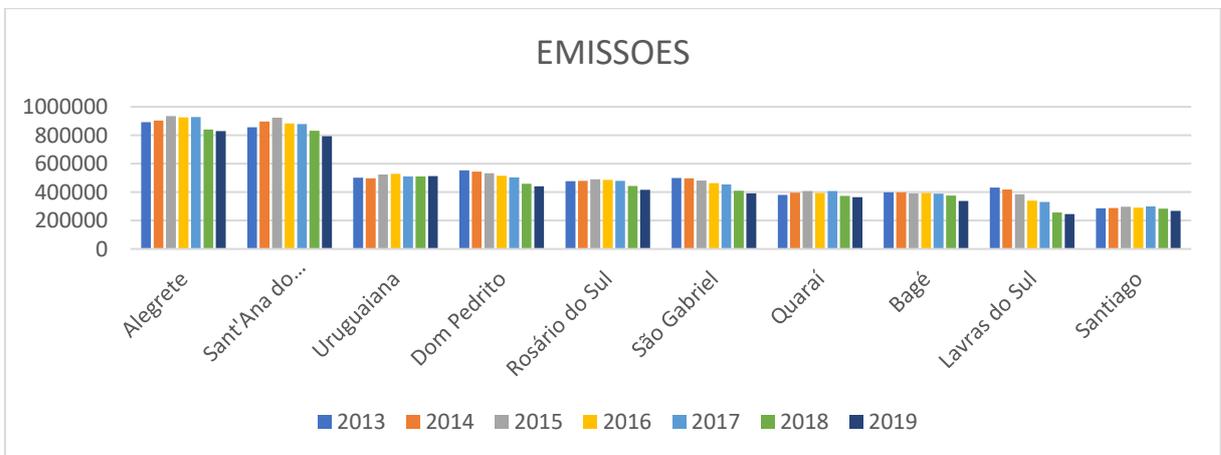
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 44 – VAB Gado de Corte – Fermentação Entérica



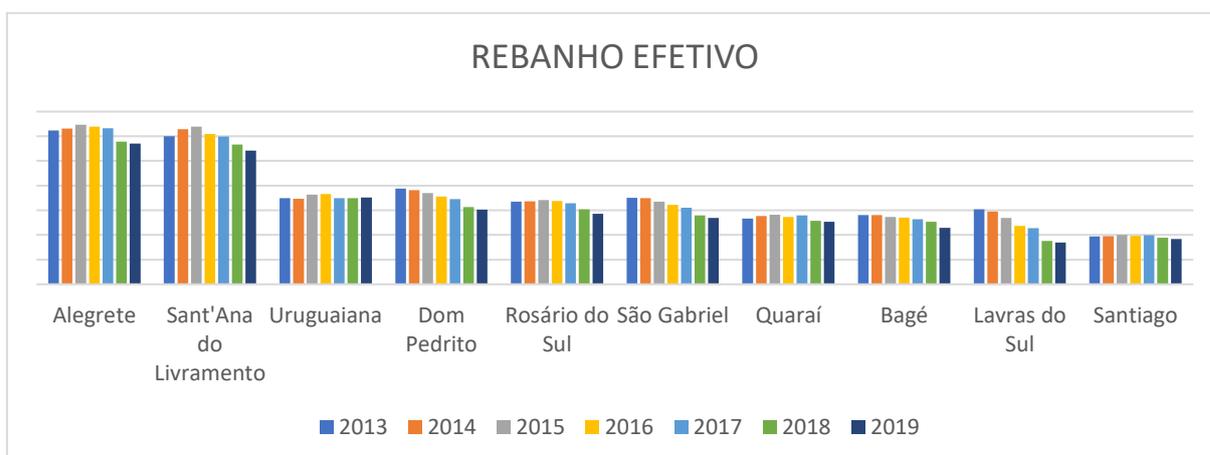
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 45 – Emissões Gado de Corte – Fermentação Entérica



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 46 – Rebanho Efetivo Gado de Corte – Fermentação Entérica



#### 4.2.2.5 Análise dos resultados – Fermentação entérica

Em todos os casos, há uma correlação direta entre o tamanho do rebanho efetivo e as emissões, indicando que um aumento ou diminuição no número de animais resulta em mudanças proporcionais nas emissões. No entanto, a eficácia das medidas adotadas para reduzir essas emissões não é conclusiva devido a diversos fatores, como a metodologia de análise, a seleção da amostra e a quantidade de dados disponíveis. Além disso, nos casos do gado de leite e gado de corte, há cidades que apresentam correlações negativas, indicando que o plano pode ser mais eficaz em algumas regiões. No geral, as emissões de gado de corte são significativas e comparáveis às emissões de quatro culturas agrícolas.

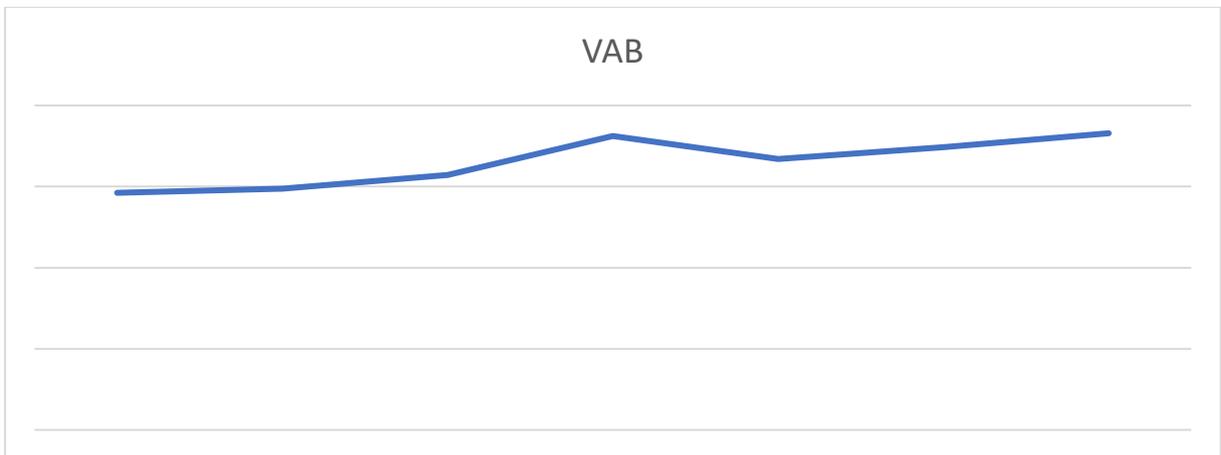
Portanto, a conclusão é que a relação entre o tamanho do rebanho e as emissões é clara, mas a eficácia das medidas de redução ainda requer uma análise mais aprofundada e consideração de outros fatores.

#### 4.4.1 Cidades sem investimentos do Plano ABC

Nesta análise, foram excluídas as cidades que apresentavam níveis de emissões iguais a zero, são elas: Sapucaia do Sul, Imbé e Cachoeirinha. Ao examinarmos a amostragem geral das cidades desprovidas de investimentos, observa-se que o Valor Adicionado Bruto (VAB) total está em constante crescimento, registrando um aumento de cerca de 25% ao compararmos os anos de 2013 e 2019. Esse dado é particularmente interessante quando comparado com a Produção Agrícola Municipal (PAM), onde se verifica um incremento de 14% ao longo desses mesmos dois períodos.

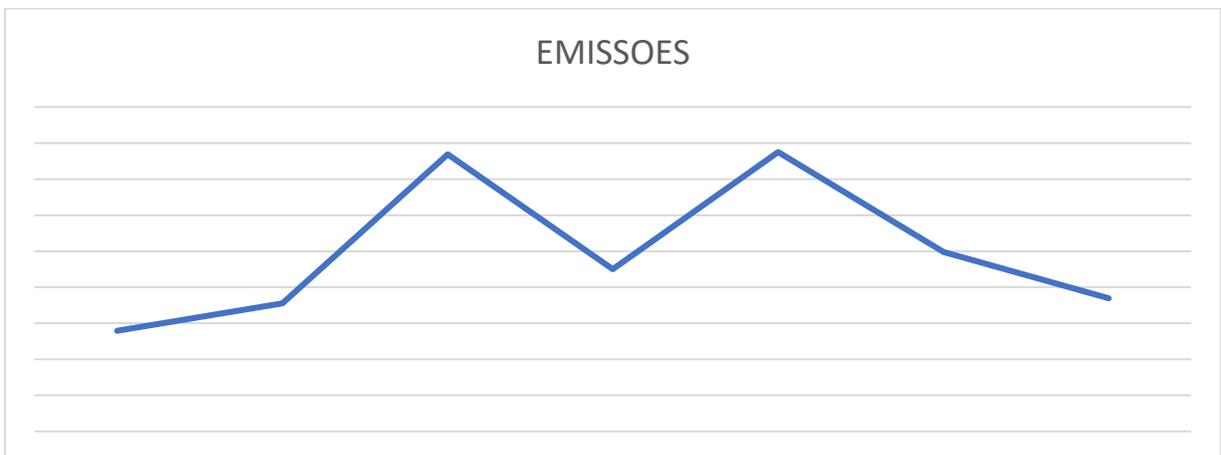
Ao analisarmos as correlações entre as emissões e a Produção Agrícola Municipal (PAM), nota-se que 241 cidades da amostra exibem correlações superiores a 0,9; 81 cidades apresentam correlações entre 0,1 e 0,89, com uma média de 0,53; e 31 cidades demonstram correlações negativas, com uma média de -0,20, das quais 9 cidades registram uma correlação negativa desfavorável, em que a Produção Agrícola Municipal (PAM) diminui e as emissões aumentam. Outro aspecto abordado é a correlação anual entre o VAB e a Produção Agrícola Municipal (PAM). Neste caso, diferentemente das amostras anteriores, uma correlação positiva substancial é identificada, atingindo 0,8. Esse resultado supera a correlação do VAB com as emissões, sugerindo uma notável relevância dessas atividades agrícolas para o estado do Rio Grande do Sul.

Gráfico 47 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento



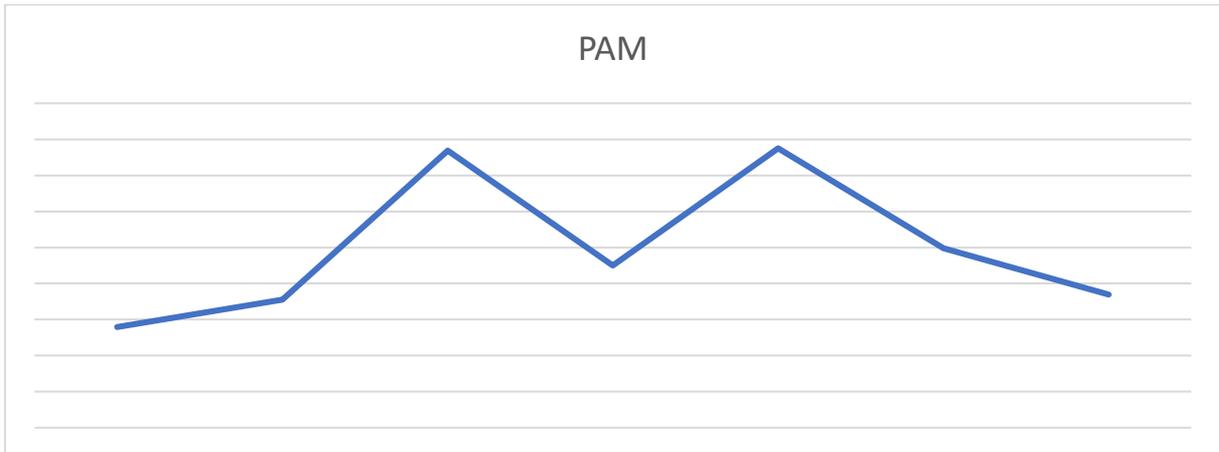
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 48 – Emissões evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 49 – PAM evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Sem Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz)



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.4.2 Cidades com investimentos do Plano ABC

A análise abrangeu um total de 133 cidades, correspondendo a 27% das localidades do estado do Rio Grande do Sul que receberam investimentos provenientes do Plano ABC. Em relação à tendência dos investimentos, os montantes mais expressivos ocorreram no último ano do plano, em 2019, enquanto os investimentos menos significativos foram registrados nos anos de 2016 e 2017.

Quanto às emissões, elas seguem um padrão semelhante ao das cidades sem investimentos. Houve um aumento constante de 2013 a 2015, uma queda substancial em 2016, aproximando-se dos níveis iniciais do plano, seguida por uma recuperação em 2017, alcançando patamares comparáveis aos de 2015. Nos anos subsequentes, registrou-se uma redução constante, culminando em níveis inferiores aos de 2013 em 2019.

Ao analisarmos a correlação entre as emissões e a Produção Agrícola Municipal (PAM), observa-se que a correlação média é bastante semelhante à das cidades sem investimentos, com valores de 0,76 e 0,77, respectivamente. Outra característica relevante é a correlação média anual na amostra, que alcança 0,67, contrastando com o índice de 0,21 das cidades sem investimentos. Essa discrepância pode estar relacionada à produção dessas cidades. Apesar das localidades com investimentos representarem 37% da amostra, em comparação com as não contempladas por investimentos, a média total de produção é 50% maior.

No que concerne ao Valor Adicionado Bruto (VAB), a correlação anual entre a Produção Agrícola Municipal (PAM) e o VAB apresenta valores superiores a 0,9 em todos os

anos da amostra, apontando para um elevado grau de interdependência dessas cidades com as quatro culturas em análise.

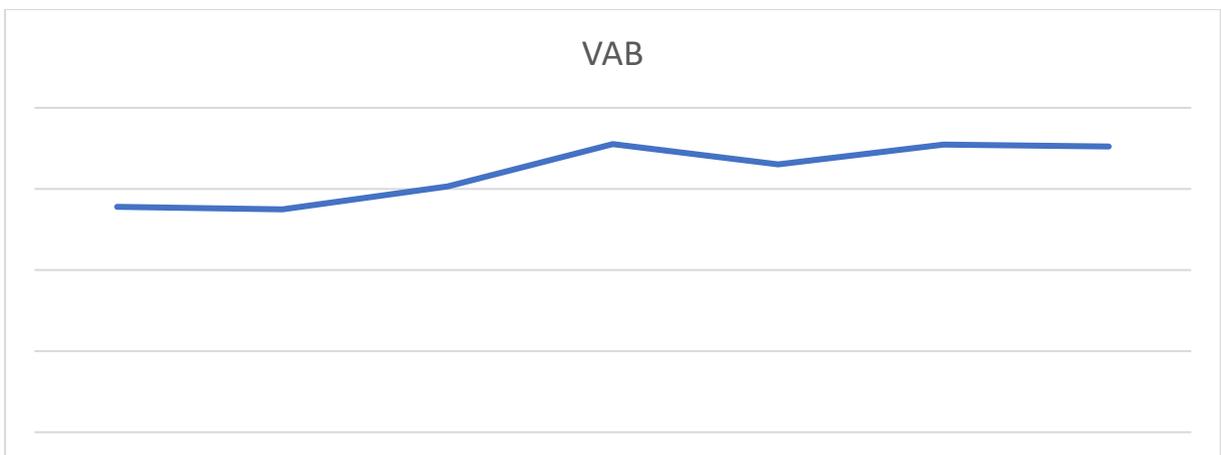
Quanto à efetividade do Plano ABC, embora não seja possível fazer uma conclusão definitiva, há indícios que sugerem sua eficácia. Observa-se uma queda de 0,1 na correlação entre o primeiro e o último ano do plano, uma redução três vezes maior do que nas cidades sem investimentos, que apresentaram uma diminuição de 0,03 na correlação durante o período analisado.

Gráfico 50 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento



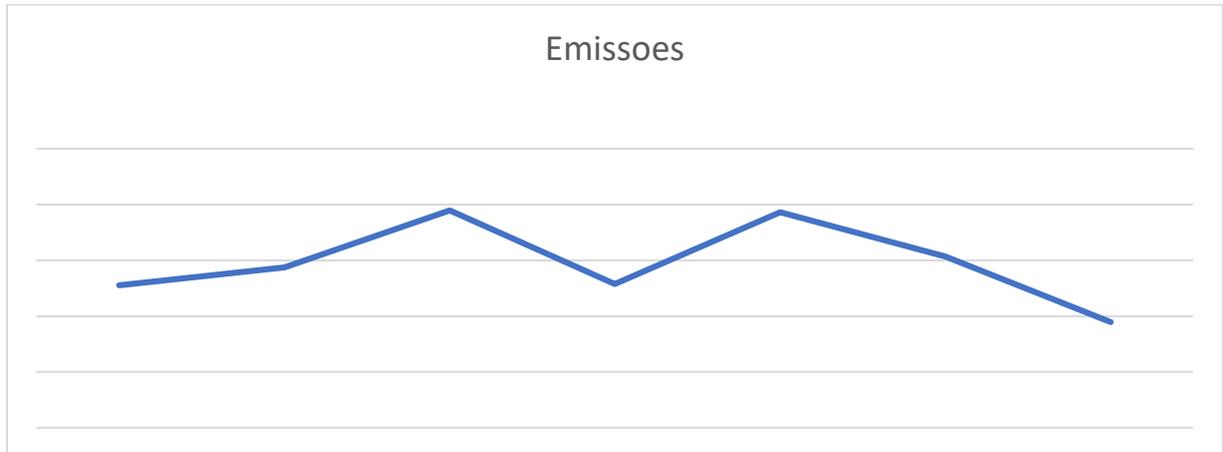
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 51 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento



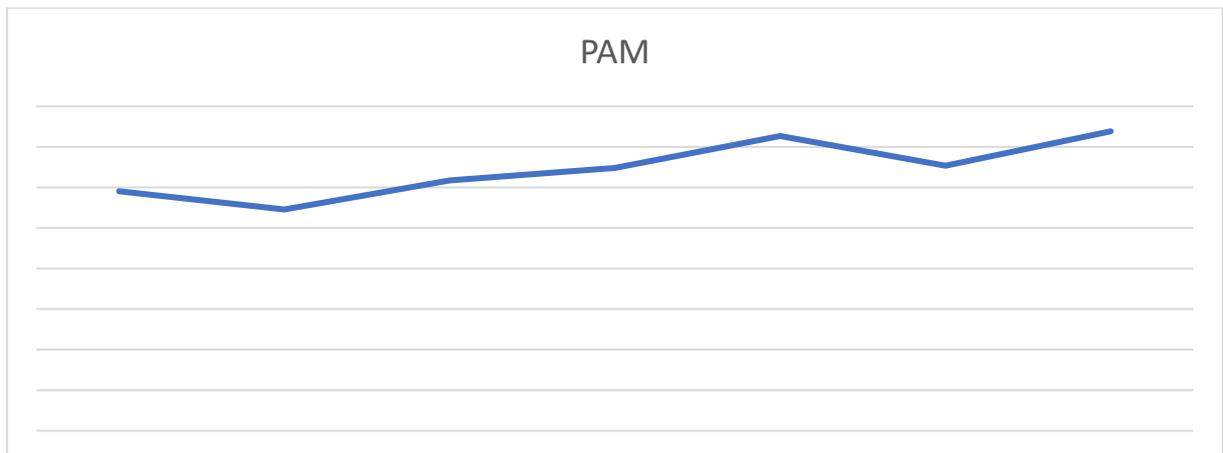
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 52 – Emissões evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 53 – PAM evolução Anual (2013-2019) – Agricultura Cidades Com Investimento (Soja, Trigo, Milho, Arroz)



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.5 AGROPECUARIA – EMISSOES TOTAIS RS (FERMENTACAO ENTERICA + DEJETOS DE ANIMAIS)

Neste capítulo foram analisados os dados das emissões totais das cidades do rio grande do sul referente aos tipos indicados e segmentados em dois tipos, com e sem investimentos.

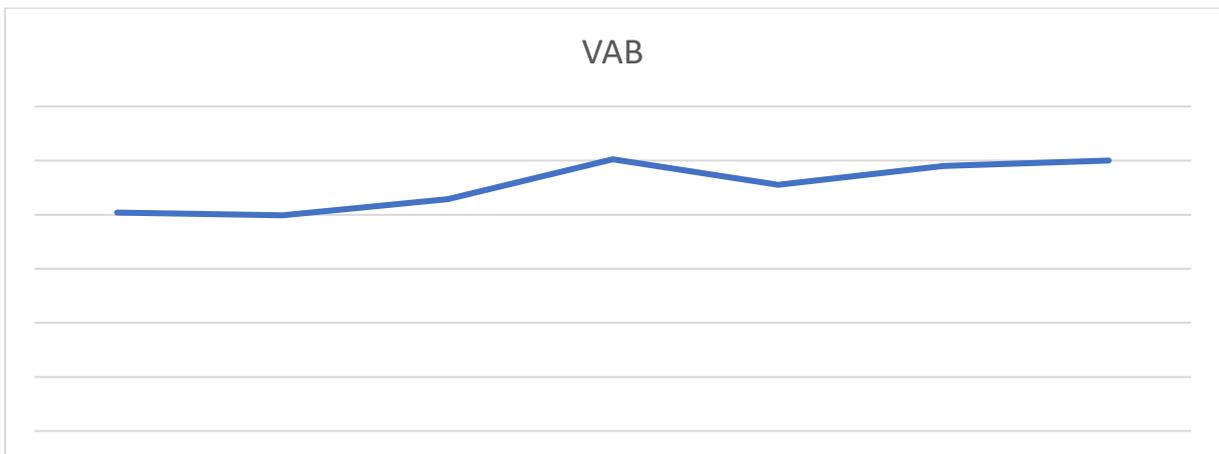
##### 4.5.1 Cidades sem investimentos do Plano ABC

A amostra total compreende 430 cidades, o que reflete que somente 16% das cidades do Rio Grande do Sul receberam investimentos provenientes do Plano ABC destinado à

Agropecuária. Em relação ao efetivo total analisado, observamos que em média 91% dos galináceos totais estão presentes em cidades que não receberam investimentos do Plano ABC. Esse cenário sugere que, para essa espécie em específico, não houve uma grande atratividade do plano para estes pecuaristas. Essa observação também se aplica aos suínos, onde cerca de 90% do efetivo total encontra-se em cidades não contempladas pelo plano.

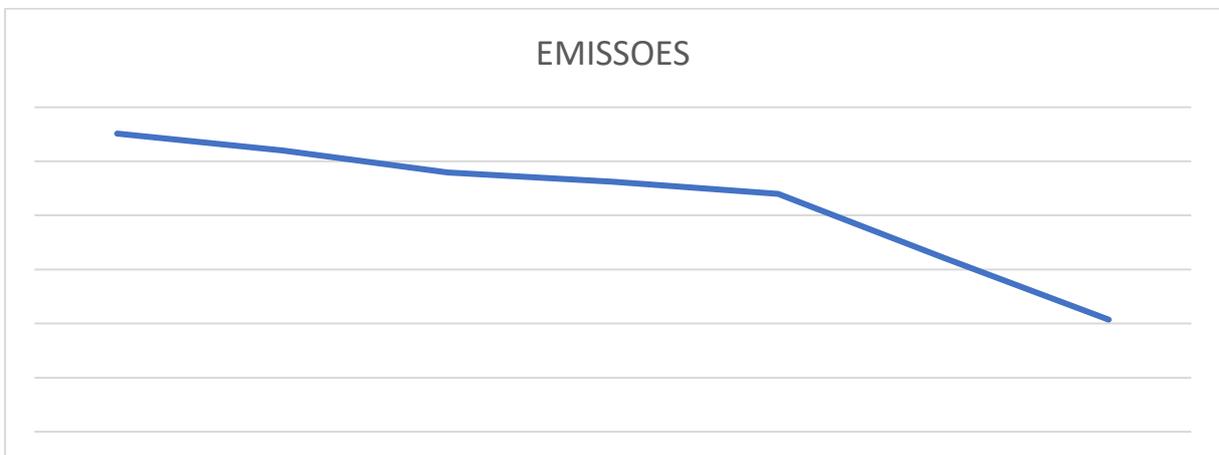
Quanto à correlação, devido ao fato de os galináceos representarem 90% da amostra, a correlação global se torna inconclusiva, dada a baixa emissão associada a essa espécie. Em relação aos bovinos, apesar das cidades sem investimentos representarem 84% da amostra total, apenas 46% do rebanho efetivo está concentrado nessas 430 localidades. Esse dado pode sugerir uma ampla adoção do plano para a pecuária bovina. Além disso, chama a atenção o fato de que, apesar de representarem apenas 5% da amostra, os bovinos são responsáveis por 86% das emissões.

Gráfico 54 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 55 – Emissões (Fermentação Entérica + Dejeito de Animais) evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 56 – Rebanho Efetivo evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Sem Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado)



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.5.2 Cidades com investimentos do Plano ABC

Ao examinarmos as cidades com investimentos, conforme apresentado no capítulo anterior, torna-se evidente que o Plano ABC registrou uma maior adesão por parte de produtores ligados à criação de gado e ovelhas. Entre as 67 localidades que utilizaram os recursos disponíveis, essas são responsáveis, em média, por 46% do rebanho efetivo total de gado e 58% dos ovinos no estado do Rio Grande do Sul. Nessas cidades, a influência significativa do gado nas emissões agropecuárias se torna mais clara, atingindo uma média total de 95% durante o período analisado e contribuindo com 54% das emissões totais do estado, considerando os quatro tipos de animais (galináceos, suínos, ovinos e bovinos).

Os dados sugerem a possível ineficácia do plano para essa categoria de animais, uma vez que o rebanho efetivo total de bovinos é menor em comparação com as cidades sem investimentos, e ainda apresenta um nível mais elevado de emissões. Além disso, a variação se mantém relativamente constante, com poucas oscilações.

No esforço de avaliar a efetividade do plano no estado, destaca-se um indicador sólido ao analisarmos a classe de animais suínos. Embora a maioria desses animais esteja presente em cidades que não receberam investimentos, quando examinamos as emissões decorrentes do manejo de dejetos, é possível observar uma redução real nas emissões, principalmente a partir do terceiro ano do plano. Nesse ponto, a correlação entre o rebanho efetivo e as emissões atinge -0,1 e se mantém nesse intervalo de valores até o último ano da amostra. Isso representa uma considerável redução em comparação com os dois primeiros anos, quando tal correlação foi de

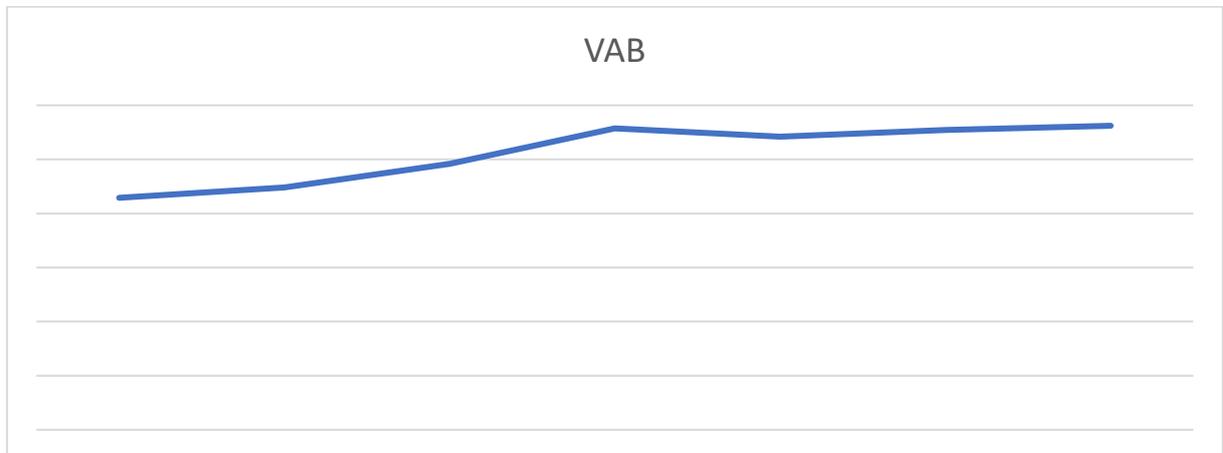
0,8 em 2013 e 0,6 em 2014. Essa tendência é ainda mais acentuada se comparada com as cidades sem investimentos, onde a correlação anual permanece constante, com uma média geral de 0,8.

Gráfico 57 – Investimento evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento



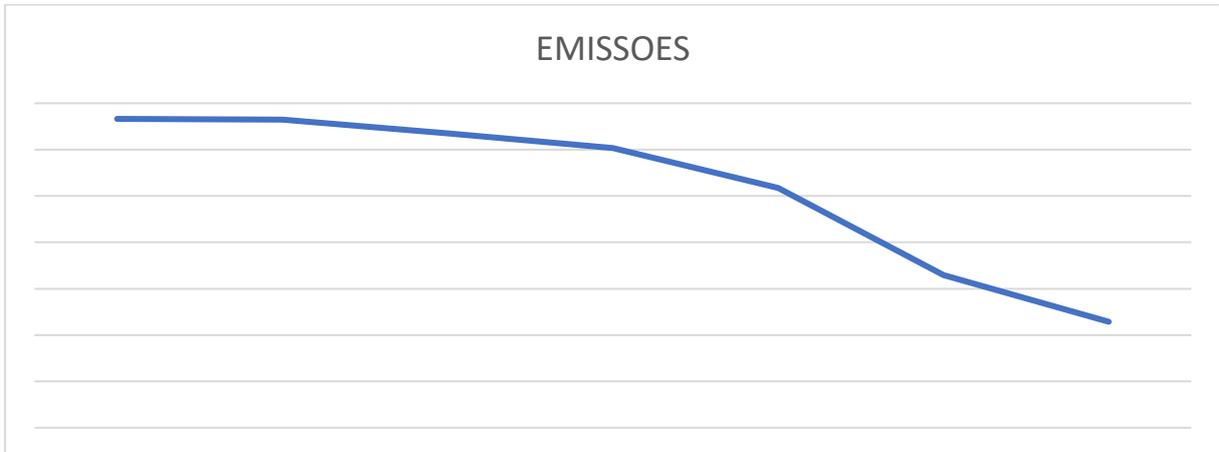
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 58 – VAB evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 59 – Emissões (Fermentação Entérica + Dejeto de Animais) evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 60 – Rebanho Efetivo evolução Anual (2013-2019) – Pecuária Cidades Com Investimento (Suíno, Aves, Ovino, Gado)



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 CONCLUSÃO

A presente dissertação empreendeu uma análise das implicações do Plano ABC (Plano Agricultura de Baixo Carbono) sobre as emissões e atividades agropecuárias no estado do Rio Grande do Sul. Por meio de uma investigação aprofundada e da interpretação de correlações entre variáveis.

Na esfera agrícola, a análise das culturas de soja, milho, trigo e arroz revelou padrões complexos e multifacetados. Embora tenha havido correlações positivas fortes entre a Produção Agrícola Municipal (PAM) e as emissões, não podemos descartar a prestabilidade do Plano ABC em reduzir tais emissões. Enquanto em algumas localidades e culturas os investimentos correlacionaram-se com aumento na produção, em outras, os resultados foram menos conclusivos.

No âmbito agropecuário, o estudo sobre o manejo de dejetos de suínos, aves e gado leiteiro destacou a relação direta entre o rebanho efetivo e as emissões. Embora tenham ocorrido reduções em certos casos, a correlação entre investimentos e diminuição de emissões não se mostrou linear em diversos cenários.

Com base nas informações analisadas referente as correlações entre as emissões e o rebanho efetivo em diferentes contextos de fermentação entérica revelam nuances complexas. No caso dos suínos, a relação direta entre as variações nas emissões e as alterações no número de animais sugere uma possível falta de impacto efetivo das medidas adotadas para mitigação. Entretanto, a presença de outros fatores influenciadores requer cautela na interpretação dos resultados. Similarmente, nos ovinos, a diminuição das emissões está associada à redução do rebanho efetivo, enquanto nos casos de gado de leite, a correlação negativa em algumas cidades indica a influência da eficácia do plano, embora a presença de outros fatores não possa ser descartada. No cenário de gado de corte, a correlação positiva das emissões com o tamanho do rebanho aponta para complexidades na avaliação da aplicação do plano, especialmente considerando a expressiva contribuição desse tipo de emissão para o setor agropecuário.

Com base nas análises realizadas nas cidades sem investimentos e nas cidades que receberam aporte do Plano ABC no contexto da agricultura, emergem pontos de interesse. Na abordagem das cidades desprovidas de investimentos, a relação entre as emissões e a Produção Agrícola Municipal (PAM) demonstra uma complexidade notável. Observa-se uma diversidade de correlações, com algumas cidades exibindo altas correlações positivas, enquanto outras apresentam correlações negativas, destacando um cenário de interações multifacetadas. Além

disso, a correlação anual entre o Valor Adicionado Bruto (VAB) e a PAM ressalta a importância dessas atividades agrícolas como componentes cruciais do cenário econômico do estado do Rio Grande do Sul no âmbito da agricultura. Em contrapartida, nas cidades beneficiadas pelo Plano ABC, as tendências de emissões e investimentos demonstram flutuações semelhantes às cidades não contempladas. As correlações entre emissões, PAM e VAB nesse contexto da agricultura indicam um grau de interdependência significativo, com o VAB refletindo a influência mútua entre a produção agrícola e a economia local. Embora não seja possível uma conclusão definitiva sobre a eficácia do Plano ABC no contexto da agricultura, os indícios observados apontam para a possibilidade de seu impacto positivo, ressaltando a necessidade de investigações futuras para uma compreensão mais abrangente e precisa dos resultados alcançados.

Ao considerar as cidades sem investimentos, observou-se que apenas uma parcela limitada das localidades foi beneficiada por esse programa voltado para a Agropecuária. Nota-se que, para espécies como galináceos e suínos, a atração pelo plano parece ter sido limitada, uma vez que a maior parte dos efetivos dessas espécies está concentrada em cidades não contempladas. No entanto, o cenário difere para a pecuária bovina, onde a representatividade do rebanho efetivo sugere uma possível adesão mais ampla ao Plano ABC. As correlações entre emissões e rebanho efetivo nesse contexto variam consideravelmente, destacando a complexidade das interações entre diferentes espécies e o sucesso relativo do plano em cada caso. Por outro lado, nas cidades que receberam investimentos do Plano ABC, observa-se um maior envolvimento de produtores ligados à criação de gado e ovelhas. Essas localidades apresentam uma significativa influência do gado nas emissões agropecuárias, indicando que o plano teve impactos mais notáveis nessa categoria. No entanto, os resultados sugerem uma possível impraticabilidade do plano para a pecuária bovina, uma vez que o rebanho efetivo de bovinos é menor nessas cidades, se comparado às cidades sem o aporte do plano, mas contribuem com uma proporção mais elevada das emissões. Embora as análises ofereçam informações interessantes sobre a relação entre o Plano ABC, a Agropecuária e as emissões totais, a complexidade dos fatores envolvidos requer investigações mais aprofundadas para uma compreensão abrangente dos resultados alcançados. A interação entre diferentes espécies, o perfil de investimento e as variações temporais adicionam camadas de complexidade a essa avaliação, reforçando a necessidade contínua de pesquisa e monitoramento para avaliar plenamente a eficácia do plano em mitigar as emissões na Agropecuária no estado do Rio Grande do Sul.

Assim, esta pesquisa oferece um ponto de partida valioso para futuras análises e discussões relacionadas à agricultura de baixo carbono. As complexidades identificadas aqui demonstram a necessidade de continuar avaliando e refinando estratégias, buscando um equilíbrio entre a produção agrícola, a economia regional e a sustentabilidade ambiental. As contribuições deste estudo podem contribuir para direcionar futuros esforços em prol de uma abordagem mais consciente e adaptativa no setor agropecuário, à medida que enfrentamos os desafios contemporâneos relacionados às mudanças climáticas e à segurança alimentar. Para próximos estudos sugere-se uma abordagem mais micro, avaliando os projetos analisando os projetos realizados com os investimentos obtidos e quais resultados foram gerados com tais projetos.

## REFERÊNCIAS

- ANÁLISE aponta que rebanho bovino responde por 17% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil. **EcoDebate**, Rio de Janeiro, 25 jun. 2018. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2018/06/25/analise-aponta-que-rebanho-bovino-responde-por-17-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-no-brasil/>. Acesso: 22 ago. 2023.
- ARUNDEL, Anthony; KEMP, René. **Measuring eco-innovation**. Maastricht, The Netherlands: UNU-MERIT, 2009. Disponível em: <https://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2009/wp2009-017.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2022.
- ASSAD, Eduardo Delgado *et al.* Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. *In*: BUNGENSTAB, Davi José *et al.* (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. cap. 11, p. 153-167.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). **Matriz de dados do crédito rural: crédito concedido**. Brasília, DF: BCB, [2023]. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/micrrural>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: (Plano ABC): (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono/publicacoes/download.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- CLEFF, Thomas; RENNINGS, Klaus. Determinants of environmental product and process innovation. **European Environment**, Shipley, v. 9, n. 5, p. 191-201, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0976\(199909/10\)9:5<191::AID-EET201>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0976(199909/10)9:5<191::AID-EET201>3.0.CO;2-M). Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1099-0976\(199909/10\)9:5%3C191::AID-EET201%3E3.0.CO;2-M](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1099-0976(199909/10)9:5%3C191::AID-EET201%3E3.0.CO;2-M). Acesso em: 15 ago. 2023.
- DECHEZLEPRÊTRE, Antoine *et al.* Invention and transfer of climate change-mitigation technologies: a global analysis. **Review of Environmental Economics and Policy**, Cary, NC v. 5, n. 1, p. 109-130, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1093/reep/req023>. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1093/reep/req023>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- THE DEVELOPMENT of agriculture. National Geographic, Washington, DC, 2022. Education. Disponível em: <https://education.nationalgeographic.org/resource/development-agriculture/>. Acesso em: 22 ago. 2023.
- DEWAN, Pandora. Produzindo carnes: a pecuária é ruim para o planeta?. *In*: CLIMATE SCIENCE. **Alimentos e agropecuária**. Londres, 08 ago. 2021. Disponível em: <https://climatescience.org/ptBR/advanced-food-making-meat>. Acesso em: 08 out. 2023.

DÍAZ-GARCÍA, Cristina; GONZÁLEZ-MORENO, Ángela; SÁEZ-MARTÍNEZ, Francisco J. Eco-innovation: insights from a literature review. **Innovation: organization and management**, [Abingdon, Oxford, UK], v. 17, n. 1, p. 6-23, 2015. DOI: 10.1080/14479338.2015.1011060. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14479338.2015.1011060>. Acesso em: 22 ago. 2023.

DOGARU, Lucreția. Eco-innovation and the contribution of companies to the sustainable development. **Procedia Manufacturing**, Amsterdam, v. 46, p. 294-298, 2020. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.03.043. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341362242\\_Eco-Innovation\\_and\\_the\\_Contribution\\_of\\_Companies\\_to\\_the\\_Sustainable\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/341362242_Eco-Innovation_and_the_Contribution_of_Companies_to_the_Sustainable_Development). Acesso em: 22 ago. 2023.

EMBRAPA. **Sistema de plantio direto**: abertura. Brasília, DF, 21 jan. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto>. Acesso em: 31 jul. 2022.

EMBRAPA. Secretaria de Comunicação. Divulgado resultado do Camp de EcoInovação Agrotech. *In*: EMBRAPA. **Notícias**. Brasília, DF, 20 ago. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26073689/divulgado-resultado-do-camp-de-ecoinovacao-agrotech>. Acesso em: 31 jul. 2023.

EMISSÕES por fonte: quais setores criam a maioria das emissões? *In*: CLIMATE SCIENCE. **Emissões por fonte**. Londres, 21 mar. 2022. Disponível em: <https://climatescience.org/ptBR/advanced-emissions-by-source>. Acesso em: 08 out. 2023.

FEIX, Rodrigo Daniel; LEUSIN JÚNIOR, Sérgio; BORGES, Bruna Kasprzak. **Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul - 2021**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2021.

FEIX, Rodrigo Daniel *et al.* **Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul - 2022**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022.

FORTI, Vanessa *et al.* **The global e-waste monitor 2020**: quantities, flows, and the circular economy potential. [Bonn]: United Nations University, 2020. Disponível em: [https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM\\_2020\\_def\\_july1\\_low.pdf](https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf). Acesso em: 12 nov. 2022.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces). Equipe do Programa Brasileiro GHG Protocol. **Nota técnica**: valores de referência para o potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa – versão 2.0. São Paulo: FGVces, 2022. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/31764/GHG%20Protocol\\_Nota%20de%20referencia\\_Valores%20de%20GWP\\_2.0.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/31764/GHG%20Protocol_Nota%20de%20referencia_Valores%20de%20GWP_2.0.pdf?sequence=1&isAllowed=y). 31 jul. 2023.

GALARÇA, Simone Padilha *et al.* Correlação de Pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 34, n. 4, p. 860-869, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/QMy6pt47hZr6WcDdBJsVtzP/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 22 ago. 2023.

GIANETTI, Giovani William. **O Plano e Programa ABC**: uma avaliação da execução e distribuição dos recursos. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-03052018-132608/publico/Giovani\\_William\\_Gianetti.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-03052018-132608/publico/Giovani_William_Gianetti.pdf). Acesso em: 05 jul. 2023.

GROHS, Mara. Fluxo de gases do efeito estufa no contexto da lavoura de arroz do RS. *In*: INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (IRGA). **Comunicação**: notícias. Porto Alegre, 02 dez. 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/artigo-fluxo-de-gases-do-efeito-estufa-no-contexto-da-lavoura-de-arroz-do-rs>. Acesso em: 06 abr. 2023.

GURGEL, Angelo Costa; LAURENZANA, Roberto Domenico. Desafios e oportunidades da agricultura de baixo carbono. *In*: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; GASQUES, José Garcia (org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília, DF: IPEA, 2016. p. 343-366.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Agricultura e pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>. Acesso em: 31 jul. 2023.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2013**: The physical science basis: working group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

IRAVANI, Abolfazl; AKBARI, Mohammad Hasan; ZOHOORI, Mahmood. Advantages and disadvantages of green technology. **International Journal of Science and Engineering Applications**, [Índia], v. 6, n. 9, p. 272-284, 2017.

KEMP, René; FOXON, Tim. Typology of eco-innovation. *In*: MEI project: measuring eco-innovation. Brussels: European Commission, 2007. p. 10-23.

LUOMA, Kyle. A review of the Volkswagen 2015 “Dieselgate” Scandal and its ethical implications. *In*: ETHICS in technology. California, US, 14 Feb. 2018. Disponível em: [https://kyleluoma.com/documents/ethics\\_vw.pdf](https://kyleluoma.com/documents/ethics_vw.pdf). Acesso em: 20 jul. 2023.

MAGALHÃES, Regina; VENDRAMINI, Annelise. Os impactos da quarta revolução industrial o Brasil será uma potência sustentável com condições de capturar as oportunidades que surgem com as mudanças econômicas, ambientais, sociais e éticas provocadas pelas novas tecnologias?. **GV Executivo**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 40-43, 2018. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/gvexecutivo/article/view/74093/71080>. Acesso em: 04 abr. 2023.

MONTENEGRO, Rosa Livia; CARVALHO, Flávia Pereira. Eco inovação e sustentabilidade: o papel das políticas públicas. *In*: RAPINI, Márcia Siqueira *et al.* (ed.). **Economia da ciência, tecnologia e inovação**: fundamentos teóricos e a economia global. Belo Horizonte: Cedeplar : UFMG/FACE, 2021. p. 490-515.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA (OC). **SEEG**: Quem somos. [S. l.]: OC, 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/quem-somos/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD); STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (EUROSTAT). **Oslo manual 2018**: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. 4<sup>th</sup> ed. Paris : OECD ; Luxembourg: Eurostat, 2018. Disponível em: [https://www.ovtt.org/wp-content/uploads/2020/05/Manual\\_Oslo\\_2018.pdf](https://www.ovtt.org/wp-content/uploads/2020/05/Manual_Oslo_2018.pdf). Acesso em: 28 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

QUANDT, Carlos Olavo. **Inovação e território**: elementos para a formulação de políticas de capacitação tecnológica e desenvolvimento regional. Curitiba: UFPR, 1998

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação. **Plano estadual de mitigação/adaptação às mudanças climáticas visando a consolidação de uma agricultura de baixa emissão de carbono**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação 2016.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico**. Traduzido por Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SILVA, Felipe Pinto da; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Avaliação de impacto do programa de agricultura de baixo carbono no Brasil**. Brasília, DF: IPEA, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10101/1/td\\_2568.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10101/1/td_2568.pdf). Acesso em: 30 jul. 2023.

TECHNOLOGY needs for net-zero emissions. *In*: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy technology perspectives 2020**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/technology-needs-for-net-zero-emissions>. Acesso em: 14 abr. 2023.

TELLES, Tiago Santos; RIGHETTO, Ana Julia. Crescimento da agropecuária e sustentabilidade ambiental. *In*: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira** (org.). Rio de Janeiro: IPEA, 2019. cap 3, p. 89-114.

TOPHAM, Gwyn *et al.* The Volkswagen emissions scandal explained. **The Guardian**, London, 23 Sept. 2015. <https://www.theguardian.com/business/ng-interactive/2015/sep/23/volkswagen-emissions-scandal-explained-diesel-cars>. Acesso em: 10 jul. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Emissions gap report 2020**: executive report. Nairobi: UNEP, 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/emissions-gap-report-2020>. Acesso em: 14 abr. 2023.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency (EPA). **Understanding global warming potentials**. Washington, DC, 18 Apr. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>. Acesso em: 09 jun. 2023.