

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E
CONTABILIDADE,
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**AVALIAÇÃO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA NA
BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE: APLICAÇÃO DO
MÉTODO CONTROLE SINTÉTICO**

ERLON MAIKEL DE GOUVÊA

ORIENTADOR: DR. RAFAEL TERRA DE MENEZES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA
DO SETOR PÚBLICO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.**

BRASÍLIA/DF: JUNHO - 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E
CONTABILIDADE,
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA NA BACIA
DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE: APLICAÇÃO DO MÉTODO
CONTROLE SINTÉTICO

ERLON MAIKEL DE GOUVÊA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO (PROFISSIONAL) EM ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ECONOMIA.

APROVADA POR:

Prof. Dr. Rafael Terra de Menezes (ECO/FACE - UNB)
(Orientador)

Prof.^a Dr.^a Deborah Oliveira Martins dos Reis (ECO/FACE - UNB)
(Examinador Interno)

Prof.^a Dr.^a Glaucilene Duarte Carvalho (SGG/GO)
(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 27 DE JUNHO DE 2023.

FICHA CATALOGRÁFICA

GOUVÊA, ERLON MAIKEL DE

Avaliação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite: Aplicação do Método Controle Sintético [Distrito Federal] 2023.

vii, 68p., 210 x 297 mm (ECO/FACE - UnB, Mestre, Economia do Setor Público, 2023).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.

Departamento de Economia.

1. Bacia hidrográfica

2. Produtor de água

3. Pagamento por serviços ambientais

4. Controle sintético

I. ECO/FACE/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GOUVÊA, E. M. (2023). Avaliação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite: Aplicação do Método Controle Sintético. Dissertação de Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 71p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Erlon Maikel de Gouvêa.

TÍTULO: Avaliação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite: Aplicação do Método Controle Sintético.

GRAU: Mestre ANO: 2023.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Erlon Maikel de Gouvêa

Av. Roma, nº 50, apt. 1503 – II, Cond. Esmeralda, Res. Eldorado.
74.367-630, Goiânia – GO – Brasil.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha amada esposa, Michelle, e aos meus filhos queridos, Miguel e Izadora. Agradeço imensamente pelo apoio ao longo desta jornada e pela compreensão do quão importante é a busca pelo conhecimento. O amor e a paciência foram fundamentais para superar os desafios e para alcançar mais essa conquista em minha vida acadêmica. Vocês são minha inspiração e razão de ser, sou grato todos os dias por ter vocês ao meu lado.

RESUMO

AVALIAÇÃO DO PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA NA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE: APLICAÇÃO DO MÉTODO CONTROLE SINTÉTICO

Este trabalho busca avaliar os efeitos do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL), um projeto piloto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) desenvolvido nos municípios de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás. Para a avaliação, foi utilizado o método Controle Sintético. Embora os resultados obtidos não indicaram efeitos com a implementação do PPARJL, os pontos discutidos fornecem informações relevantes para o aprimoramento de avaliações de políticas públicas semelhantes ao PPARJL, que trabalham dados com nível de agregação mais regionalizado e que dependem do período de intervenção para observar seus efeitos. A continuidade das ações e o fortalecimento do monitoramento são imprescindíveis para a evolução dos programas de PSA e a conservação dos recursos naturais.

Palavras - chave: bacia hidrográfica, produtor de água, pagamento por serviços ambientais, controle sintético

ABSTRACT

EVALUATION OF THE WATER PRODUCER PROGRAM IN THE RIBEIRÃO JOÃO LEITE BASIN: APPLICATION OF THE SYNTHETIC CONTROL METHOD

This work seeks to evaluate the effects of the Water Producer Program in the Ribeirão João Leite Basin (PPARJL), a pilot project of Payment for Environmental Services (PSA) developed in the municipalities of Nerópolis and Ouro Verde de Goiás. For the evaluation, the Synthetic Control method was used. Although the results obtained did not indicate effects with the implementation of the PPARJL, the points discussed provide relevant information for the improvement of evaluations of public policies similar to the PPARJL, which work data with a more regionalized level of aggregation and which depend on the period of intervention to observe its effects. effects. Continuing actions and strengthening monitoring are essential for the evolution of PES programs and the conservation of natural resources.

Keywords: hydrographic basin, water producer, payment for environmental services, synthetic control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Localização da Bacia do Ribeirão João Leite	22
Figura 4.2 - Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite e Limites Municipais.....	22
Figura 4.3 - Mapa de Usos da Terra para a Bacia do Ribeirão João Leite	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1- Variáveis levantadas.....	24
Tabela 4.2 - Variáveis Predictoras Seleccionadas (Descrição).....	40
Tabela 4.3 - Variáveis Predictoras Seleccionadas.....	41
Tabela 5.1 - Pesos das variáveis na Unidade Sintética.....	43
Tabela 5.2 - Pesos das variáveis na Unidade Sintética.....	43
Tabela 5.3 - Peso de cada município na unidade sintética.	44
Tabela 5.4 - Peso de cada município na unidade sintética.	45
Tabela 5.5 - Comparação dos resultados entre a unidade de tratamento, a unidade sintética e a média simples.....	46
Tabela 5.6 - P-Value dos Resultados Estimados por Variável Dependente	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1- População da Bacia do Ribeirão João Leite.....	26
Gráfico 4.2 - Média do PIB Municípios de Goiás.....	26
Gráfico 4.3 - Desvio Padrão do PIB Municípios de Goiás.....	27
Gráfico 4.4 - Média do PIB Grupo de Tratamento.....	27
Gráfico 4.5 - Desvio Padrão do PIB Grupo de Tratamento.....	28
Gráfico 4.6 - Média do PIB Per Capita Municípios de Goiás.....	28
Gráfico 4.7 - Desvio Padrão PIB Per Capita Municípios de Goiás.....	29
Gráfico 4.8 - Média do PIB Per Capita Grupo de Tratamento.....	29
Gráfico 4.9 - Desvio Padrão do PIB Per Capita Grupo de Tratamento.....	29
Gráfico 4.10 - Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (Todos Municípios)	30
Gráfico 4.11 - Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (Grupo de Tratamento).....	30
Gráfico 4.12 - Média Volume de Água Produzido (Grupo de Tratamento).....	31
Gráfico 4.13 - Média Superfície de Água (Grupo de Tratamento).....	31
Gráfico 4.14 - Precipitação Total Anual – Estação Goianópolis entre 1974 e 2017	32
Gráfico 4.15 - Média População Total Abastecida (Grupo de Tratamento).....	32
Gráfico 4.16 - Evolução da população atendida com abastecimento	33
Gráfico 4.17 - Investimentos realizados em infraestrutura de água e esgoto	33
Gráfico 4.18 - Correlação Volume de água produzido e Recuperação para vegetação secundária (Grupo de Tratamento) (Grupo de Tratamento).....	34
Gráfico 4.19 - Correlação Produto Interno Bruto e Recuperação para vegetação secundária (Grupo de Tratamento).....	34
Gráfico 5.1 - Comparação de Resultados - Anápolis e Anápolis Sintético	50
Gráfico 5.2 - Comparação de Resultados - Anápolis e Anápolis Sintético (GAPS).....	51
Gráfico 5.3 - Teste de Placebo – Anápolis e Unidades de Controle.....	52
Gráfico 5.4 - Razão MSPE para Anápolis e Placebos	52
Gráfico 5.5 - Efeito do Tratamento - Anápolis.....	53
Gráfico 5.6 - Efeito médio do Tratamento – Anápolis	53
Gráfico 5.7 - Comparação de Resultados - Nerópolis e Nerópolis Sintético	54
Gráfico 5.8 - Comparação de Resultados - Nerópolis e Nerópolis Sintético (GAPS)	55

Gráfico 5.9 - Teste de Placebo – Nerópolis e Unidades de Controle	55
Gráfico 5.10 - Razão MSPE para Nerópolis e Placebos.....	56
Gráfico 5.11 - Efeito do Tratamento – Nerópolis.....	57
Gráfico 5.12 - Efeito médio do Tratamento – Nerópolis.....	57
Gráfico 5.13 - Comparação de Resultados – Ouro Verde de Goiás e Ouro Verde de Goiás Sintético.....	58
Gráfico 5.14 - Comparação de Resultados - Ouro Verde de Goiás e Ouro Verde de Goiás Sintético (GAPS).....	59
Gráfico 5.15 - Teste de Placebo – Ouro Verde de Goiás e Unidades de Controle.....	59
Gráfico 5.16 - Razão MSPE para Ouro Verde de Goiás e Placebos	60
Gráfico 5.17 - Efeito do Tratamento – Ouro Verde de Goiás	61
Gráfico 5.18 - Efeito médio do Tratamento – Ouro Verde de Goiás	61
Gráfico 5.19 - Efeito do Tratamento – Grupo de Tratados (VOLHPPCP)	62
Gráfico 5.20 - Efeito médio do Tratamento – Grupo de Tratados (VOLHPPCP)	63
Gráfico 5.21 - Efeito do Tratamento – Grupo de Tratados (TURBOUT).....	63
Gráfico 5.22 - Efeito médio do Tratamento – Grupo de Tratados (TURBOUT).....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas;

ANO - Ano de referência;

ATENDPORT - Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água;

BALCOM - Saldo da balança comercial do município;

BCHMUN - Micro Bacia Hidrográfica do Município;

BCHMUN_D - Dummy da Bacia Hidrográfica do Município;

CODMUN - Código do município (IBGE);

COLIOUT - Coliformes totais fora do padrão. Amostras/ano;

ECONINTER - Economias atingidas por intermitências;

ECONPAR - Economias atingidas por paralisações. Economias/ano;

FINANAGRI - Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas, pertencentes ao Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), a produtores e cooperativas de produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades agrícolas;

FINANPEC - Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas, pertencentes ao Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), a produtores e cooperativas de produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades pecuárias;

MATRICTOT - Número de alunos matriculados na rede de ensino federal, estadual, municipal e particular;

MSPE - Erro Médio Quadrático de Previsão;

MUN - Municípios de Goiás;

PAST - Área de Pastagem do município;

PIB - Produto Interno Bruto, a preços correntes;

PIBPERCAP - Produto Interno Bruto per capita, a preços correntes;

PIP – Projeto Individual da Propriedade;

POPTOT - População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE);

POPTOTABCT - População total, em número de habitantes, atendida com abastecimento de água no ano de referência;

POPTOTABCTANT - População total, em número de habitantes, atendida com abastecimento de água no ano anterior ao de referência;

POPTOTREFANT - Diferença entre População total atendida com abastecimento de água no ano de referência e População total atendida com abastecimento de água no ano anterior ao de referência;

POSTRAB - Número de empregos (postos de trabalho);

PPA – Programa Produtor de Água;

PPARJL – Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite;

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais;

QUANTPAR - Quantidades de paralisações no sistema de distribuição de água;

RENDMEDIO - Rendimento médio - Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca;

RJL – Ribeirão João Leite;

RMSPE - Ratio of Mean Square Prediction Error;

SUPERFH - Área de superfície de água em cada município de 2011 a 2020;

TURBOUT – Número de amostras de Turbidez fora do padrão /ano;

UF - Unidade de federação – GO;

UGP – Unidade Gestora do Projeto;

VEGPRI - Área de vegetação primária do município;

VEGRECP - Área de Recuperação para vegetação secundária do município;

VEGSEC - Área de vegetação secundária do município;

VOLHDESINF - Volume de água tratada por simples desinfecção;

VOLESGTTRAT - Volume de esgotos tratado;

VOLHP - Volume de água produzido;

VOLHPPCP - Volume de água produzido/ População total do município do ano de referência.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	15
2 - OBJETIVO	16
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 - PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA).....	17
3.2 - PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA DA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE (PPARJL)	19
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
4.1 - RECORTE ESPACIAL	21
4.2 - VARIÁVEIS.....	23
4.2.1 - Característica Populacionais	25
4.2.2 - Produto Interno Bruto (PIB).....	26
4.2.3 - Produto Interno Bruto Per Capita (PIBPERCAP)	28
4.2.4 - Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (RENDMÉDIO)	30
4.2.5 - Correlações entre Variáveis Ambientais	31
4.3 - METODOLOGIA.....	35
4.3.1 - Controle Sintético	35
4.3.2 - Controle Sintético para Avaliação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL)	38
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 - RESULTADOS DO CONTROLE SINTÉTICO PARA CADA UNIDADE DE TRATAMENTO.....	50
5.2 - RESULTADO DO CONTROLE SINTÉTICO PARA O GRUPO DE TRATADOS	62
5.3 - DISCUSSÕES	64
6 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1. INTRODUÇÃO

A preservação e conservação dos recursos naturais têm se tornado tema de extrema relevância no cenário mundial. Diante do grande desafio que a humanidade tem enfrentado, relacionado à contenção do avanço da temperatura média do planeta e, conseqüentemente, buscando evitar o desencadear de catástrofes ambientais, que afetam a vida das pessoas e a economia de um modo geral, o poder público se vê diante da necessidade urgente de implementação de políticas de enfrentamento a este fenômeno que conciliem o cuidado com o meio ambiente e o desenvolvimento econômico. Os custos socioambientais das atividades antrópicas vêm sendo objeto de estudos e pesquisas de diversas áreas do conhecimento (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; KAPP, 1950; MARTINEZ-ALIER, 2007, apud SOARES et al, 2012) e vêm-se desenvolvendo estratégias para assegurar que os custos ligados à degradação dos ecossistemas sejam captados pelo sistema de preços no sentido de se evitar as chamadas externalidades (OUVERNEY et al, 2017).

O Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), entendido como um instrumento econômico que visa compensar financeiramente os proprietários de terras pela prestação de serviços ambientais à sociedade, configura-se numa estratégia de incentivo econômico para reduções dos custos sociais originado da depleção dos recursos naturais e pode contribuir fortemente para o enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas. Nesse contexto, os programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) têm sido implementados como estratégias para incentivar a adoção de práticas e compensar os produtores rurais pelos serviços ambientais prestados. O Estado de Goiás está inserido neste cenário e considerando seu perfil produtivo, diretamente relacionado a utilização dos recursos naturais, a avaliação da implementação de instrumentos econômicos como o PSA é de fundamental importância, visando a sua replicação de forma melhorada no âmbito estadual.

Assim, no presente trabalho, buscamos realizar uma avaliação dos efeitos da implementação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL), que se trata de um projeto piloto de PSA desenvolvido nos municípios goianos de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás, que foi objeto de edital de chamamento público, publicado pela empresa Saneamento de Goiás S/A, para credenciamento e seleção de projetos, com a finalidade de prover Serviços Ambientais decorrentes de práticas que resultassem em conservação de água e solo, readequação de estradas internas e/ou carreadores e implantação

de boas práticas agropecuárias e sanitárias em propriedade rurais (Edital 01/2015-DIPROSANEAGO). O método proposto para a avaliação desta política foi o Controle Sintético.

Para compreender o PPARJL, realizamos uma revisão da literatura que aborda o funcionamento do PSA como instrumento econômico e sua importância para as ações de preservação e conservação ambiental. Em seguida, definimos o recorte espacial para a aplicação do controle sintético. Embora o programa tenha sido implementado em Nerópolis e Ouro Verde de Goiás, consideramos todos os municípios inseridos na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite como unidades de tratamento por entendermos que os impactos ambientais da implementação do programa não se restringem apenas aos dois municípios mencionados. Como unidades de controle, foram selecionados municípios do Estado de Goiás que não estão inseridos na bacia do Ribeirão João Leite (bacia do RJL).

O estudo se mostrou relevante, pois possibilitou a identificação de aspectos importantes para o desenho de futuros programas que envolvam PSA e para a realização de futuras inferências no processo de avaliação utilizando o método controle sintético. O fortalecimento da capacidade de monitoramento e de avaliação da implementação de tais programas e a garantia de continuidade das ações são de suma importância para assegurar a manutenção dos serviços ambientais prestados ao longo do tempo. Além disso, a compreensão da importância do nível de agregação dos dados e do tempo necessário para a manifestação dos efeitos são elementos cruciais para um processo de avaliação mais robusto.

Este estudo estrutura-se em seis seções. Além da introdução e da conclusão, temos o objetivo, no qual buscamos estabelecer uma visão geral deste estudo, a revisão de literatura, que trata do PSA e da formatação do PPARJL, a apresentação dos dados e do recorte espacial do estudo, a apresentação e explicação do método Controle Sintético e a apresentação dos resultados obtidos com a aplicação deste método.

2. OBJETIVO

A presente pesquisa tem o objetivo de avaliar o projeto piloto de PSA denominado Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL), desenvolvido nos municípios goianos de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás, com a aplicação da metodologia de avaliação de políticas públicas conhecida como Controle Sintético.

Nesta perspectiva, são objetivos específicos deste estudo:

- Levantar e organizar uma base de dados que forneça informações econômicas, sociais e ambientais que impactam na quantidade e na qualidade da água disponível para os municípios do Estado de Goiás;
- Realizar a análise das informações disponíveis para aprofundar o entendimento sobre a base de dados, sua evolução ao longo do tempo e respectivas correlações;
- Aplicar o método controle sintético fazendo uso de software e pacotes de comandos específicos para aplicação da metodologia;
- Examinar, relatar e discutir os resultados obtidos, fazendo o uso de gráficos temáticos gerados a partir do software utilizado.

O desenvolvimento desta pesquisa se mostra importante pela necessidade de avaliação das políticas que promovem a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico. Sendo o PSA um instrumento econômico experimentado e amplamente difundido como medida de enfrentamento aos efeitos adversos das mudanças climáticas, este estudo será relevante para promover o aperfeiçoamento desta política quando de sua replicação em outras regiões do Estado e do país.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA)

Os custos socioambientais das atividades antrópicas, promovidas por decisões individuais, com a finalidade de retorno de investimentos, vêm sendo objeto de pesquisa de economistas e pesquisadores de diversas áreas do conhecimento (GEORGESCU-ROEGEN, 1971; KAPP, 1950; MARTINEZ-ALIER, 2007, apud SOARES et al, 2012). Tema recorrente em diversas conferências internacionais, a discussão sobre as atividades humanas e seus impactos negativos orientaram os estados nacionais a desenvolverem estratégias para assegurar que os custos ligados à degradação dos ecossistemas possam ser assumidos pelos agentes privados. O uso dos recursos naturais é socialmente ineficiente quando gera custos e benefícios que não são captados pelo sistema de preços, configurando-se nas chamadas externalidades (OUVERNEY et al, 2017).

Em busca de maior efetividade nas políticas de conservação ambiental e de reduções em seus custos sociais, vêm sendo utilizados instrumentos econômicos para atingir os objetivos das políticas relacionadas a preservação e conservação dos recursos naturais. Esses instrumentos, adequadamente implementados, permitem aliar as vantagens da alocação eficiente de recursos aos objetivos de promoção do desenvolvimento sustentável (UNEP, 2004 apud SOARES et al, 2012).

Nesta perspectiva, destacamos o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), que se trata de um instrumento econômico que visa compensar financeiramente os proprietários de terras pela prestação de serviços ambientais à sociedade. Os Serviços Ambientais podem ser entendidos como aqueles que são fornecidos pela natureza, mas não são transacionados em mercados. Tais serviços, incluem a regulação climática, os ciclos do carbono, do oxigênio, do nitrogênio, do enxofre e do fósforo, a resiliência do meio-ambiente aos distúrbios e catástrofes, o ciclo hidrológico e a disponibilidade hídrica, o controle dos processos erosivos e do assoreamentos, a fertilidade dos solos, as paisagens não degradadas, a capacidade do meio ambiente de assimilar resíduos (MULLER, 2014), a polinização, o controle biológico e os refúgios de fauna, a produção de alimentos, a disponibilidades de matérias primas e de recursos genéticos e a promoção da recreação e da diversidade cultural (COSTANZA et al, 1997).

Em geral, podemos considerar o capital um estoque de recursos e informações em determinado tempo. Cada forma de estoque de recursos pode gerar uma forma de serviços que podem ser utilizados para transformação em produtos que vão proporcionar o bem estar humano. Nesse sentido, os serviços ambientais consistem em fluxos de materiais, energia e informações de estoques de capital natural que transformados produzem bem estar aos seres humanos (COSTANZA et al, 1997).

Ante ao exposto, o PSA, sugerido por Wunder (2008), pode ser entendido como resultado de um mecanismo de mercado onde há transações de cunho voluntário entre provedores e usuários de serviços ambientais (OUVERNEY et al, 2017). Os programas de PSA passaram a se destacar por conta de sua capacidade de traduzir os benefícios gerados pelos serviços ambientais em retornos financeiros decorrente de sua provisão (princípio do provedor-recebedor), ao invés de instituir somente punições para aqueles que não promovem tais serviços (princípio do poluidor-pagador) (OUVERNEY et al, 2017).

Em resumo, o PSA é um instrumento baseado no mercado com a finalidade de conservação da natureza que considera os princípios do usuário pagador e do provedor-recebedor, sendo que aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais devem pagar por eles, e aqueles que contribuem para a geração desses serviços (como os usuários de terra) devem ser compensados. Nos últimos anos, o instrumento PSA tem sido cada vez mais popular em toda a América Latina e se observa um número crescente de esquemas de PSA no Brasil. Vários Estados estabeleceram programas de PSA e muitos municípios criaram programas locais (Wunder, 2005; Pagiola e Platais, 2007 Engel et al, 2008 apud Pagiola et al, 2013).

No Brasil, os programas de PSA têm maior foco para ações de proteção de bacias hidrográficas e manejo florestal, dos quais podemos destacar o Programa Produtor de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) desde 2001, que tem por objetivo apoiar, orientar e certificar projetos de preservação florestal e reflorestamento que resultem na melhoria da qualidade, na ampliação e na regularização da oferta de água em bacias hidrográficas de importância estratégica para o país (OUVERNEY et al, 2017).

3.2. PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA DA BACIA DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE (PPARJL)

A Agência Nacional de Águas (ANA), no desenvolvimento de suas atribuições, promove ações direcionadas à implementação de instrumentos de gestão e ao desenvolvimento de programas e projetos com vistas ao uso eficiente e racional da água (ANA, 2012, apud CANEDO, 2020). Neste contexto foi concebido o Programa Produtor de Água – PPA, que se fundamenta nas diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos que tratam da articulação da gestão dos recursos hídricos com a gestão do uso do solo (CANEDO, 2020). Esta iniciativa, serviu de base para o modelo implementado na bacia do Ribeirão João Leite, denominado Programa Produtor de Água no Ribeirão João Leite (PPARJL) (CANEDO, 2020).

O Produtor de Água é um programa de controle da poluição difusa rural, cujo foco são as bacias hidrográficas de importância estratégica para o país. Dentre os objetivos do programa estão: a redução da erosão; a melhoria da qualidade da água e regulação do regime hidrológico dos rios; a utilização de práticas mecânicas e vegetativas de conservação de solo e água. Trata-se de um programa voluntário que faz uso do PSA. Por meio deste, é realizada a remuneração dos produtores rurais que contribuem para a redução dos processos erosivos e da

sedimentação, proporcionado o aumento da infiltração de água no solo. Para o atingimento desses resultados ambientais são aplicadas práticas e manejos conservacionistas e de melhoria da cobertura vegetal (ANA, 2009, apud CANEDO, 2020).

O Programa Produtor de Água no Ribeirão João Leite - PPARJL tem origem de uma iniciativa do Ministério Público do Estado de Goiás, que estabeleceu tratativas com a ANA, no intuito de viabilizar apoio técnico e financeiro para a estruturação de um programa de pagamento de compensação ambiental aos proprietários rurais que voluntariamente se dispusessem a participar da implantação de projeto de recuperação da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (ANA, 2014, apud CANEDO, 2020).

O que motivou a escolha da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite para a implantação do Projeto Produtor de Água, foi o fato desta possuir um grande reservatório de água responsável pelo abastecimento do município Goiânia e parte de sua região metropolitana e por apresentar áreas bastante degradadas pelas ações antrópicas (JAIME, 2018). Nos últimos anos, a demanda por água na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite tem superado sua disponibilidade hídrica, além do que à baixa qualidade da água tem intensificado conflitos entre usuários, tornando imprescindível a realização de estudos e ações de enfrentamento a esta delicada situação. (OLIVEIRA et al, 2011, apud JAIME, 2018).

Após várias etapas para sua efetivação, quais sejam: elaboração do Diagnóstico Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite (bacia RJL); assinatura do Acordo de Cooperação Técnica nº 004/ANA/2013 entre as instituições partícipes; criação da Unidade de Gestão do Projeto – UGP; realização de Chamamento Público para Credenciamento nº 01/2015/DIPRO/SANEAGO; assinatura do Convênio nº 002/2015/ANA-SICONV Nº 824655/2015, com objeto de realização de ações de conservação do solo e cercamento de áreas de preservação permanente na bacia RJL, houve a concretização do objetivo com a elaboração dos denominados Projetos Individuais de Propriedade – PIPs e assinatura dos contratos, estes consignados com os produtores rurais aptos a participação no PPARJL (CANEDO, 2020).

Com a realização do PPARJL, buscou-se gerar externalidades positivas com a execução de ações de recuperação ambiental e melhoria da qualidade ambiental nas propriedades rurais participantes, bem como, a respectiva remuneração dos seus proprietários, cujos benefícios seriam visualizados na melhoria da infiltração de água no solo e o

consequente incremento do volume de água do lençol freático, resultando no aumento da vazão do Ribeirão João Leite e seus afluentes, implicando em melhores condições de captação, tratamento e fornecimento de água, reduzindo custos operacionais, favorecendo o volume de água e a vida útil do Reservatório João Leite (CANEDO, 2020).

A bacia do RJL é composta por partes de sete municípios: Goiânia, Anápolis, Terezópolis de Goiás, Campo Limpo de Goiás, Goianápolis, Nerópolis e Ouro Verde de Goiás (JAIME, 2018). A implementação do PPARJL, em um primeiro momento, foi realizada em áreas-piloto, na sub-bacia do Córrego Bandeira e no conjunto de sub-bacias da Serra do Sapato Arcado, que foi posteriormente denominada de sub-bacia do Córrego das Pedras, estas localizadas nos Municípios de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás. Foram 82 produtores rurais considerados aptos para participação no programa, desses, 55 pleitearam adesão, mas, por questões de documentação, 36 produtores rurais assinaram o Projetos Individuais de Propriedade – PIPs (CANEDO, 2020).

Conforme a Cláusula Primeira dos contratos de prestação de serviços assinados com os proprietários participantes, o Programa Produtor de Água tem como objetivo o pagamento ao proprietário rural pela prestação de serviços ambientais dentro dos limites territoriais de sua propriedade que resultem em ganhos ambientais positivos, implementando melhorias e adequações físicas e boas práticas que visem a garantia e o incremento de vazão e da qualidade da água bruta da Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Jaime (2018), em seu estudo *Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite, Goiás: Diagnóstico e Percepção Ambiental na Sub-bacia do Córrego da Pedras, em Ouro Verde de Goiás, GO*, explicitou que os proprietários participantes do programa têm consciência de que os resultados dos trabalhos de recuperação de nascentes feitos pelo PPARJL serão alcançados de médio a longo prazo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. RECORTE ESPACIAL

O objetivo do presente estudo é avaliar o Programa Produtor de Água, na bacia do Ribeirão João Leite, que, como mencionado nas seções anteriores, faz uso do instrumento econômico denominado pagamento por serviços ambientais (PSA), sendo uma política pública que visa a contribuir para a manutenção da quantidade e qualidade das águas da região, configurando-se também como boa prática para o enfrentamento às mudanças climáticas.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, região onde está sendo implementado o Programa Produtor de Água, ocupa 766,8 km², e localiza-se à nordeste de Goiânia. O Ribeirão João Leite é formado pelos córregos Jurubatuba e Pedreira, e faz parte do complexo Hidrográfico da Bacia do Paraná. Seu curso principal e afluentes percorrem os municípios de Ouro Verde de Goiás, Campo Limpo, Anápolis, Goianápolis, Teresópolis de Goiás, Nerópolis, e Goiânia, os quais são responsáveis por parte do abastecimento de água da capital juntamente com as captações feitas no Rio Meia Ponte e Córrego Samambaia (SANTOS et al., 2010 apud OLIVEIRA et al., 2021).

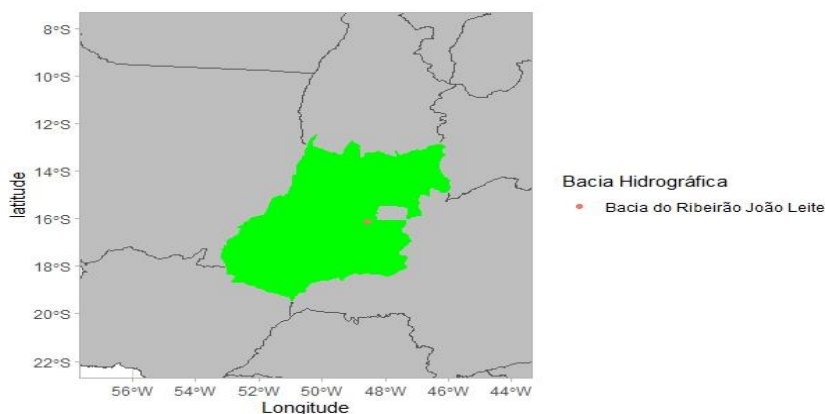


Figura 4.1 - Localização da Bacia do Ribeirão João Leite
Fonte: Elaboração própria

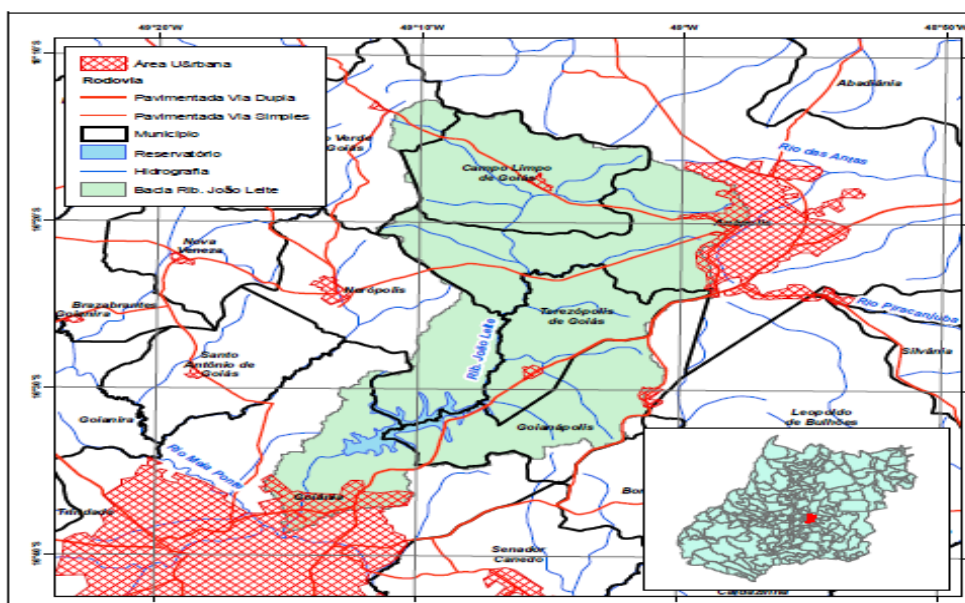


Figura 4.2 – Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite e Limites Municipais
Fonte: ARANHA et al., 2013

De acordo com estudo realizado pela Bioma Brasil (2012), a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, à época, apresentava um índice de 73% da sua área total natural convertida para uso antrópico, predominando as áreas de pastagem, com cerca de 59% da área total

(CANEDO, 2020). Na região dos Municípios de Nerópolis, Teresópolis de Goiás, Anápolis e Campo Limpo de Goiás, destacavam-se as áreas ocupadas por agricultura, que ocupavam 6,8% da bacia, sendo, basicamente culturas anuais, hortaliças e frutíferas. As áreas urbanas correspondiam a 4,4% da bacia, das quais destacamos as cidades de Goiânia e Anápolis. As áreas florestadas (cultivo de eucaliptos) ocupavam 2,4% da bacia e as áreas úmidas, representavam 2,7% da bacia. As áreas de vegetação natural remanescente, totalizavam 22,1% da bacia, sendo grande parte pertencente à Unidade de Conservação do Estado de Goiás, Parque Altamiro de Moura Pacheco (CANEDO, 2020) (Figura 4.3).

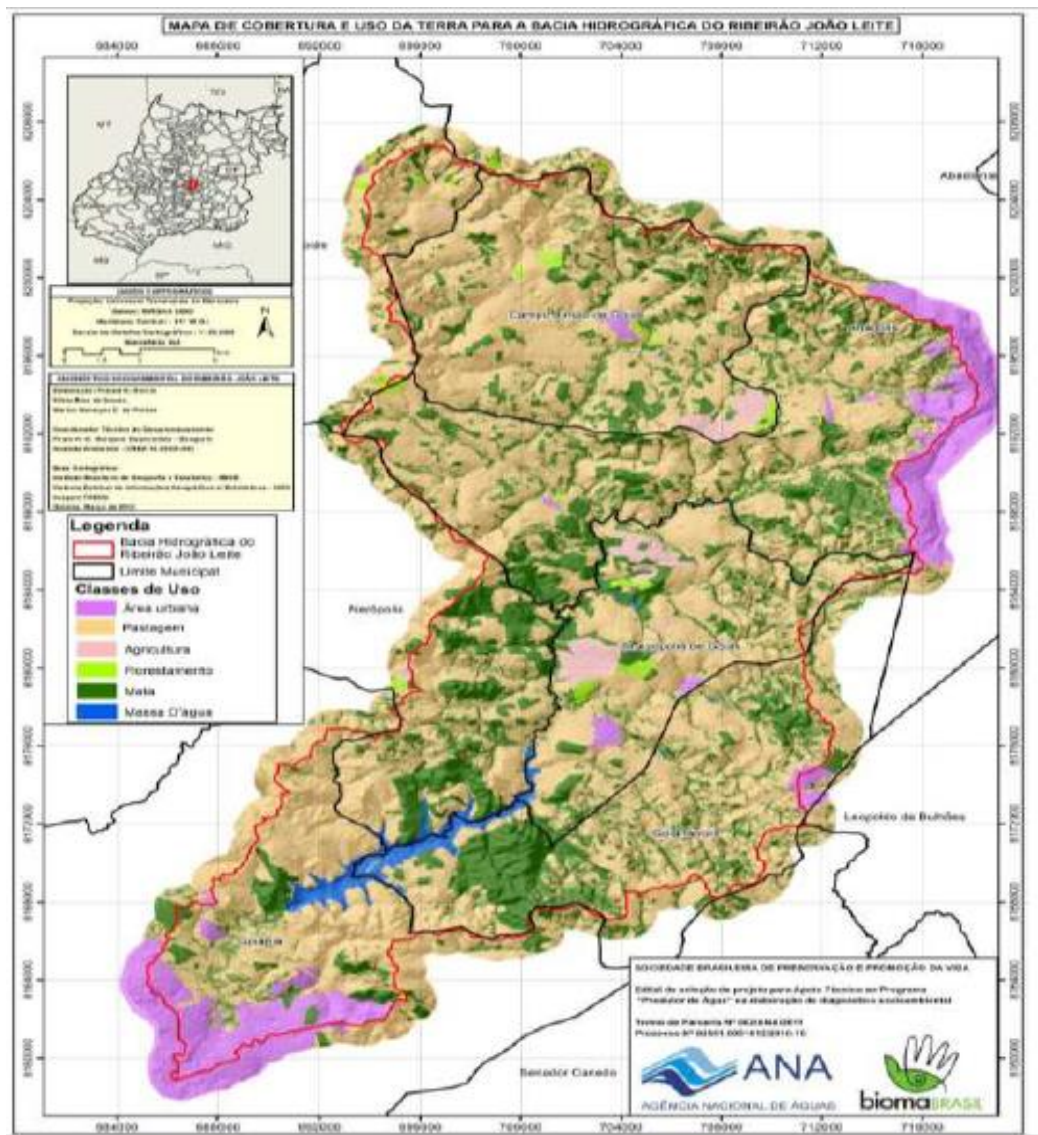


Figura 4.3 – Mapa de Usos da Terra para a Bacia do Ribeirão João Leite
 Fonte: Bioma Brasil e ANA

4.2. VARIÁVEIS

Visto que o objetivo é verificar a efetividade econômica/ambiental do Programa Produtor de Água na bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL), a partir da investigação do

comportamento das variáveis dependentes: volume per capita de água produzido e número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade, foi imprescindível reunir uma base dados que contemplasse informações econômicas, sociais e ambientais, cujas características tivessem impacto na quantidade e na qualidade de água disponível. Dito isso, para o estudo foram levantadas as seguintes variáveis, que apresentam informações do período de 2011 à 2021:

Tabela 4.1 – Variáveis levantadas

Fonte: Elaboração própria

	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
1	CODMUN	Código do município (IBGE)
2	MUN	Municípios de Goiás
3	UF	Unidade de federação – GO
4	BCHMUN	Micro Bacia Hidrográfica do Município
5	BCHMUN_D	Dummy da Bacia Hidrográfica do Município
6	ANO	Ano de referência
7	POPTOT	População total do município do ano de referência (Fonte: IBGE)
8	POPTOTABCT	População total, em número de habitantes, atendida com abastecimento de água no ano de referência
9	POPTOTABCTANT	População total, em número de habitantes, atendida com abastecimento de água no ano anterior ao de referência
10	POPTOTREFANT	Diferença entre População total atendida com abastecimento de água no ano de referência e População total atendida com abastecimento de água no ano anterior ao de referência
11	VOLHP	Volume de água produzido em 1000 m ³ /mês
12	VOLHPPCP (dependente)	Volume de água produzido/ População total do município do ano de referência em 1000m ³ /mês/hab
13	VOLHDESINF	Volume de água tratada por simples desinfecção em 1000 m ³ /mês
14	VOLESGTTRAT	Volume de esgotos tratado em 1000 m ³ /mês
15	ATENDPORT	Tipo de atendimento da portaria sobre qualidade da água (Variável Dummy) atende integral (1), atende parcial (0), sem informação (2)
16	QUANTPAR	Quantidades de paralisações no sistema de distribuição de água. Paralisações/ano.
17	ECONPAR	Economias atingidas por paralisações. Economias/ano.
18	ECONINTER	Economias atingidas por intermitências.
19	TURBOUT (dependente)	Número de amostras com turbidez fora do padrão. Amostras/ano
20	COLIOUT	Coliformes totais fora do padrão. Amostras/ano
21	SUPERFH	Área de superfície de água em cada município de 2011 a 2020, em ha
22	VEGPRI	Área de vegetação primária do município, em há
23	VEGSEC	Área de vegetação secundária do município, em há
24	VEGRECP	Área de Recuperação para vegetação secundária do município, em ha
25	PAST	Área de Pastagem do município, em há
26	PSA	Pagamento por serviços ambientais
27	PIB	Produto Interno Bruto, a preços correntes (R\$ 1.000)
28	PIBPERCAP	Produto Interno Bruto per capita, a preços correntes (R\$ 1,00)
29	BALCOM	Saldo da balança comercial do município. diferença entre as exportações e importações ocorridas no município. Em US\$
30	POSTRAB	Número de empregos (postos de trabalho). Corresponde ao total de vínculos empregatícios ativos, é diferente do número de pessoas empregadas, pois um mesmo indivíduo pode estar ocupando mais de um posto de trabalho na data de referência.

31	FINANAGRI	Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas, pertencentes ao Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), a produtores e cooperativas de produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades agrícolas. Em reais
32	FINANPEC	Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas, pertencentes ao Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), a produtores e cooperativas de produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades pecuárias. Em reais
33	RENDMEDIO	Rendimento médio - Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca. É determinado pela divisão da massa salarial pelo número de empregos na atividade. Em reais
34	MATRICTOT	Número de alunos matriculados na rede de ensino federal, estadual, municipal e particular.

Para o estudo, além de informações dos municípios da região de tratamento (Bacia do Ribeirão João Leite) foram utilizadas informações de todos os municípios do Estado de Goiás. Reiterando que Goiás conta com 246 municípios, no entanto, considerando a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que não conta com o município de Santa Rita do Novo Destino, o trabalho contou com 245 municípios.

Sendo assim, a base de dados levantados conta com 2.695 observações e 34 variáveis selecionadas do SNIS, da base de dados estatísticos da plataforma MapBiomas e do Portal do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Estes 245 municípios estão inseridos em 105 bacias hidrográficas selecionadas. As bacias hidrográficas foram levantadas por meio das informações contidas no Sistema Estadual de Geoinformação do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) de Goiás. Destacamos que os dados são relacionados à bacia mais importante do município, no entanto foi possível identificar municípios cujo território é contemplado de forma importante por mais de uma bacia.

4.2.1. Característica Populacionais

Em 2021, o Estado de Goiás apresentava 7.174.021 habitantes. No âmbito municipal, a maior população era a do município de Goiânia, com 1.555.626 habitantes, e a menor população a do município de Ananguera, com 1.171 habitantes, sendo que 25% dos municípios possuíam população igual ou menor que 3.506 habitantes e 75% estavam abaixo de 18.266 habitantes.

Em relação à população dos municípios inseridos na Bacia do Ribeirão João Leite (Grupo de Tratamento), nota-se que as maiores populações se concentram em Goiânia, Anápolis, Nerópolis, sendo que estas duas últimas apresentam populações bem menores que a capital, conforme o gráfico 4.1.

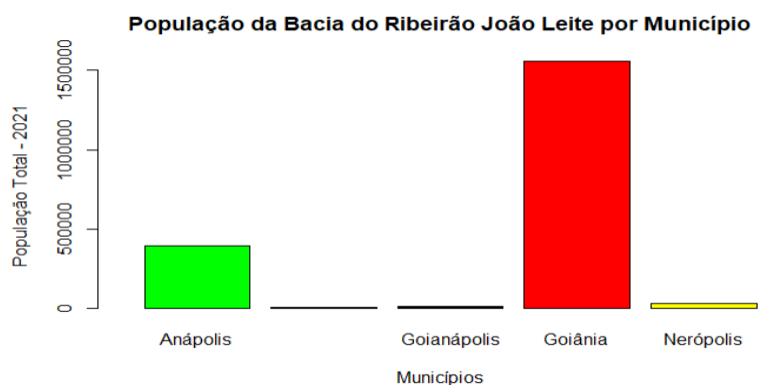


Gráfico 4.1 – População da Bacia do Ribeirão João Leite
Fonte: Elaboração Própria

4.2.2. Produto Interno Bruto (PIB)

O PIB médio dos municípios goianos, em 2020, foi de R\$ 914.396.000,00 sendo que 25% dos municípios apresentaram PIB inferior a R\$ 84.682.000,00 e 75% ficaram abaixo dos R\$ 604.517.000,00. O município goiano que apresentou o maior PIB, neste período, foi Goiânia, com PIB de R\$ 51.961.311.000.

O PIB médio dos municípios goianos, inseridos no grupo de tratamento (Bacia do Ribeirão João Leite), foi de R\$ 8.627.355.000,00, sendo que 25% dos municípios apresentaram PIB abaixo dos R\$ 151.866.000,00 e 75% ficaram abaixo de R\$ 4.533.929.000,00.

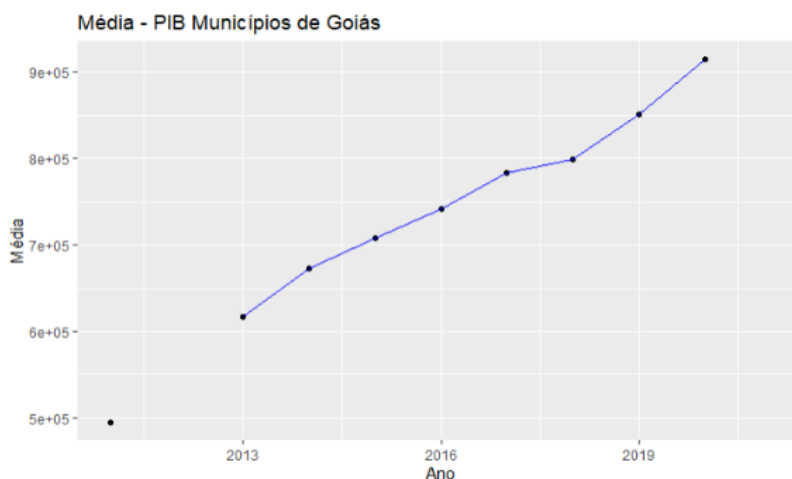


Gráfico 4.2 – Média do PIB Municípios de Goiás
Fonte: Elaboração Própria

Ao observarmos a média do PIB para todos os municípios do Estado de Goiás e o seu respectivo Desvio Padrão, verificamos que se trata de uma base de dados heterogênea, o que pode ser observado nos gráficos abaixo (Gráfico 4.3):

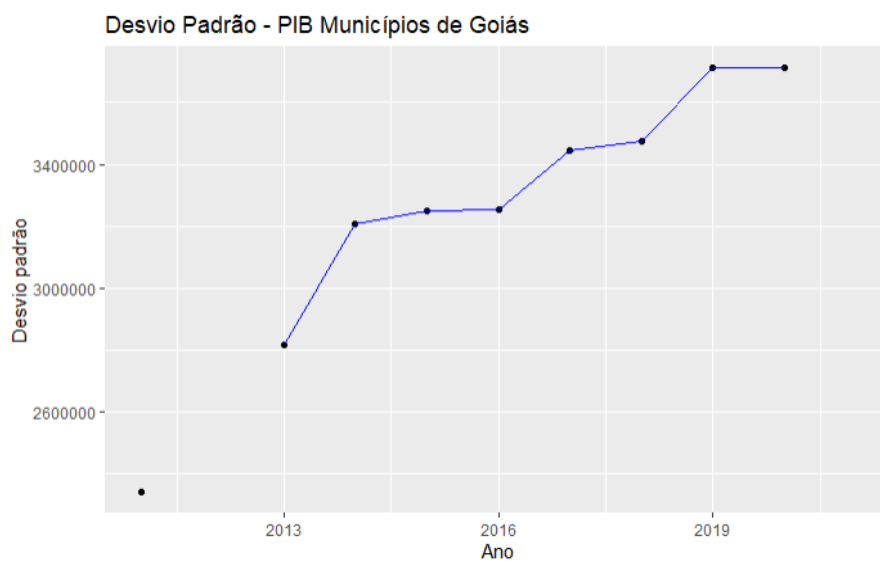


Gráfico 4.3 – Desvio Padrão do PIB Municípios de Goiás
 Fonte: Elaboração Própria

Quando consideramos os municípios do grupo de tratamento (Bacia do Ribierão João Leite), o desvio padrão do PIB apresenta comportamento diferente do que foi apresentado acima. Nesse caso temos um caráter homogêneo.

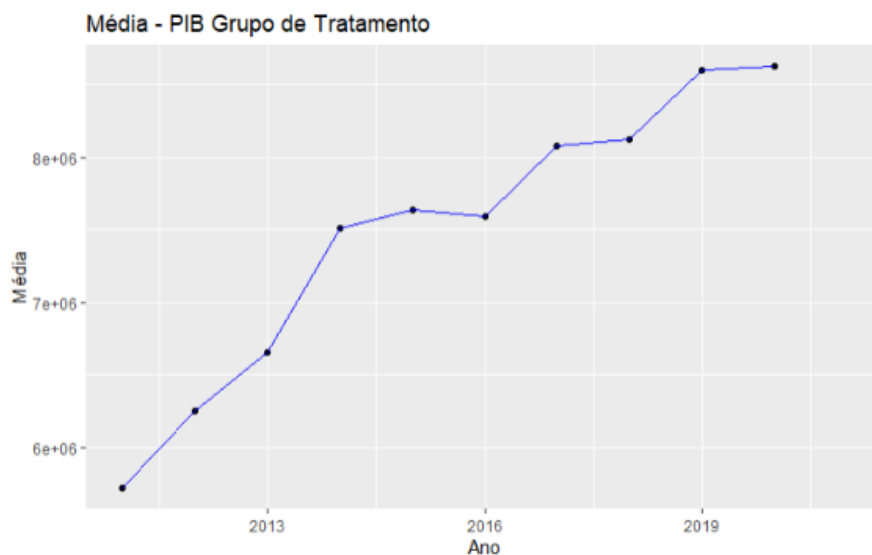


Gráfico 4.4 – Média do PIB Grupo de Tratamento
 Fonte: Elaboração Própria

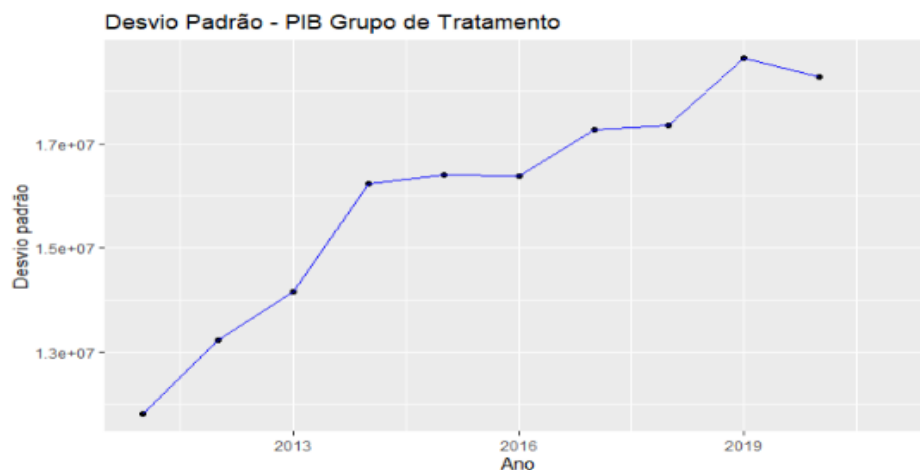


Gráfico 4.5 – Desvio Padrão do PIB do Grupo de Tratamento
 Fonte: Elaboração Própria

4.2.3. Produto Interno Bruto Per Capita (PIBPERCAP)

Analisando o Produto Interno Bruto Per Capita, podemos observar o caráter heterogêneo dos dados, tanto para o grupo de tratamento, quanto para toda a base de dados levantada. Este comportamento pode ser explicado pela diferença populacional verificada no item 4.2.1 deste estudo, que demonstrou que a população da bacia se concentra na região metropolitana.

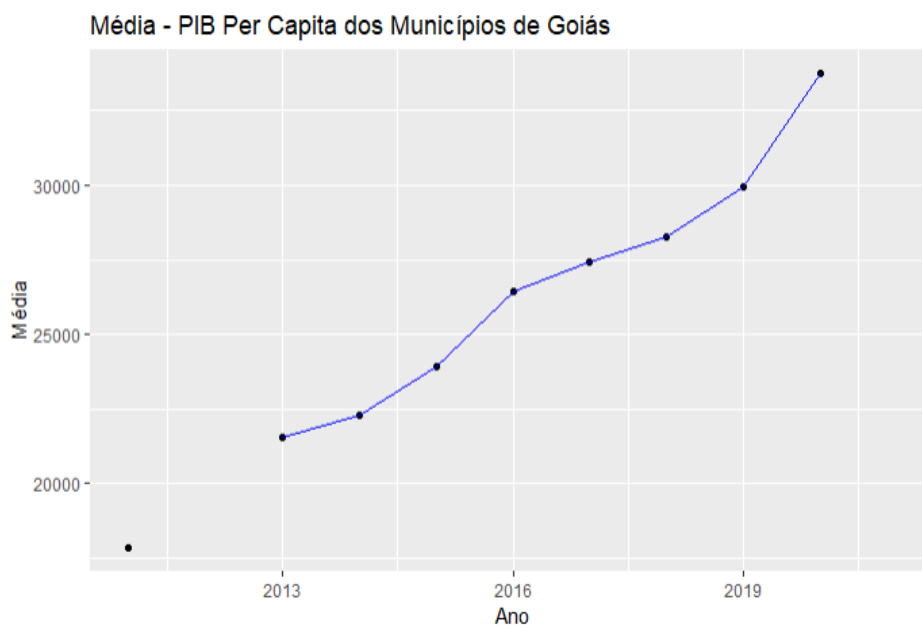


Gráfico 4.6 – Média do PIB Per Capita Municípios de Goiás
 Fonte: Elaboração Própria

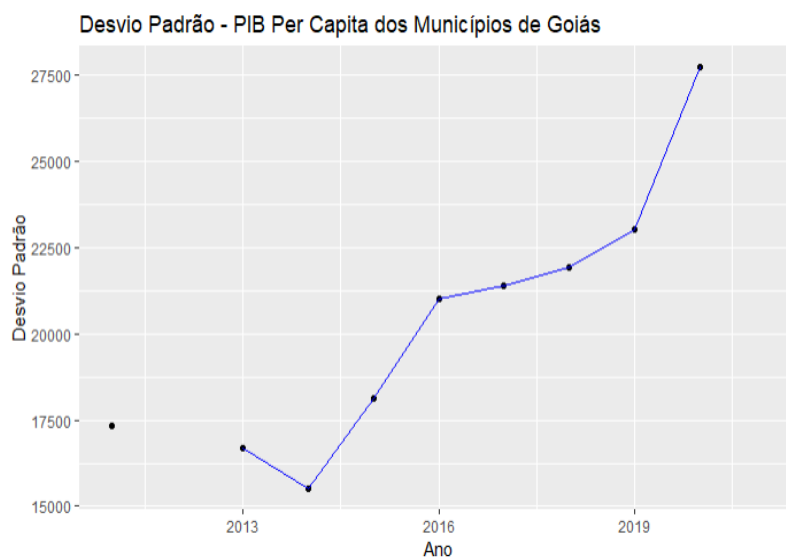


Gráfico 4.7 – Desvio Padrão PIB Per Capita Municípios de Goiás
Fonte: Elaboração Própria

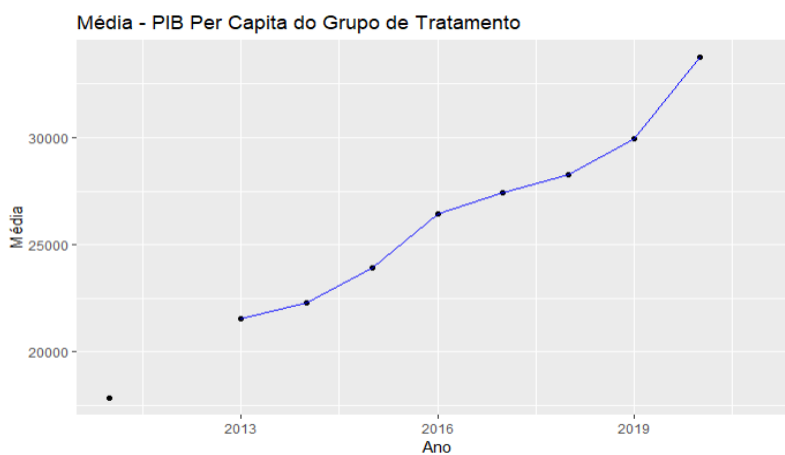


Gráfico 4.8 – Média do PIB Per Capita Grupo de Tratamento
Fonte: Elaboração Própria

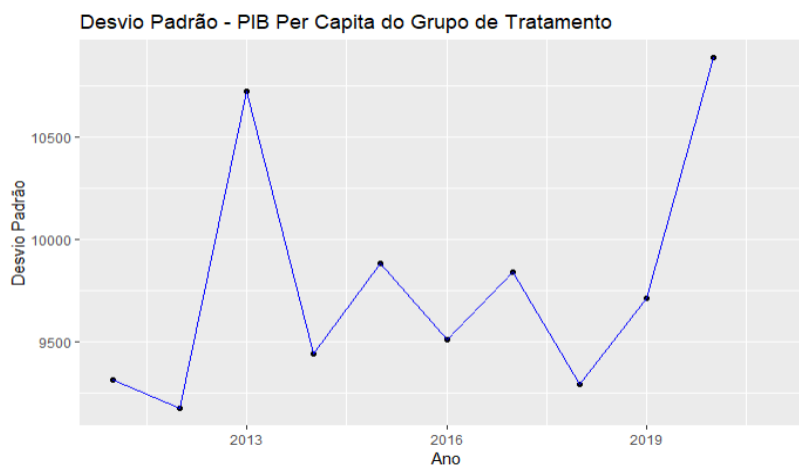


Gráfico 4.9 – Desvio Padrão do PIB Per Capita Grupo de Tratamento
Fonte: Elaboração Própria

4.2.4. Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (RENDMEDIO)

A variável Rendimento médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca é determinado pela divisão da massa salarial pelo número de empregos nestas atividades. Com base na análise realizada, podemos dizer que o mercado de trabalho na região do grupo de tratamento se trata de um mercado de trabalho mais variado, ou seja, não está concentrado nas atividades agropecuárias. Tal característica pode ser explicada por se tratar de uma região metropolitana, próxima a capital do Estado. Assim, entorno de 75% do rendimento médio referente à base de dados de todos os municípios goianos está abaixo de R\$ 2.166,00 reais, enquanto para os municípios do grupo de tratamento 75% recebem abaixo de R\$ 1.788,00 reais, conforme os gráficos abaixo:

Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca

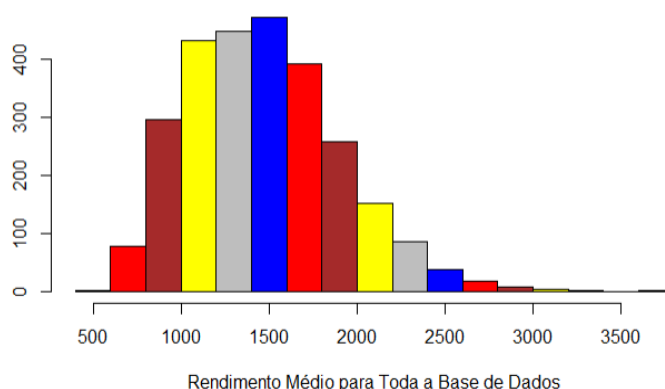


Gráfico 4.10 – Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (Todos Municípios)
Fonte: Elaboração Própria

Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca

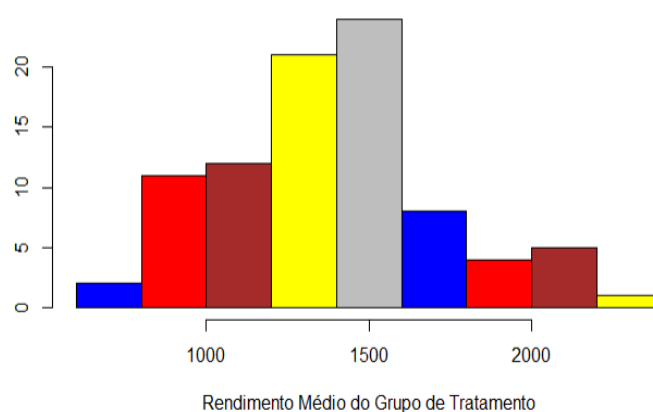


Gráfico 4.11 – Rendimento Médio na Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca (Grupo de Tratamento)
Fonte: Elaboração Própria

4.2.5. Correlações Entre Variáveis Ambientais

Ao realizarmos a análise de correlação entre as variáveis ambientais, podemos observar uma correlação forte, de 0,70, entre o Volume de Água Produzido e a Área de Superfície de água em cada município (em hectares), isto para o Grupo de Tratamento. Diante desta informação, realizamos a análise de como se apresenta a média de água produzida no período de 2011 a 2021 e a perenidade da superfície de água, no mesmo período, conforme os gráficos abaixo:

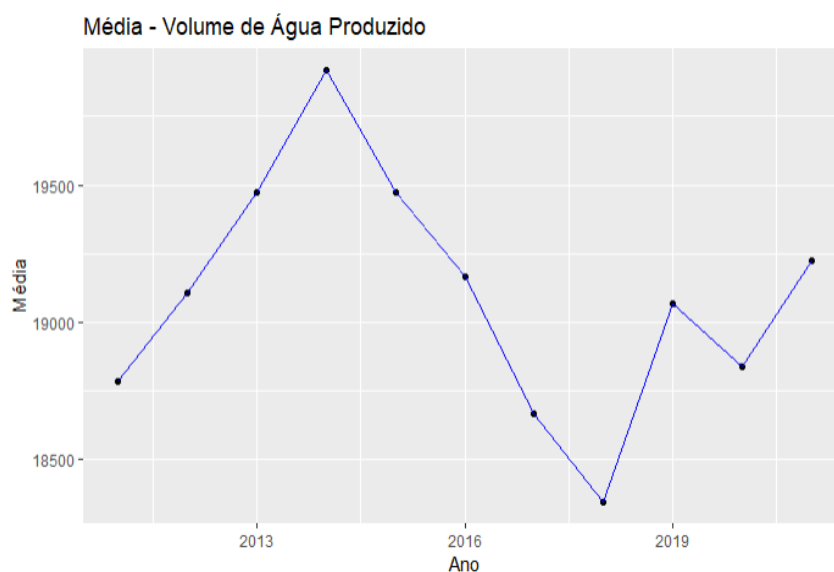


Gráfico 4.12 – Média Volume de Água Produzido (Grupo de Tratamento)
Fonte: Elaboração Própria

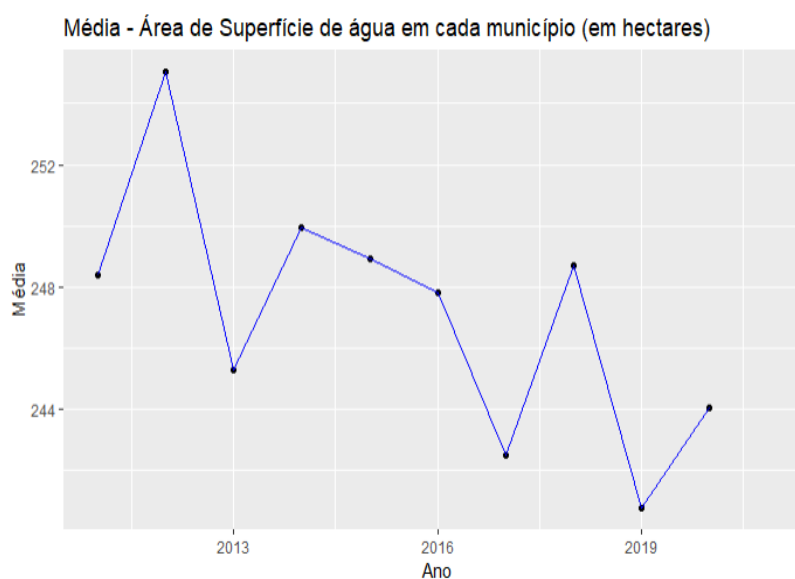


Gráfico 4.13 – Média Superfície de Água (Grupo de Tratamento)
Fonte: Elaboração Própria

Com base nos gráficos acima, podemos inferir que o declínio na Área de Superfície de água de 2013 a 2019 pode ter influenciado a queda vertiginosa no Volume de Água Produzido no mesmo período. Este declínio na Área de Superfície de água, certamente, relaciona-se aos índices de precipitação total anual verificados entre 2013 e 2017, conforme podemos observar no Gráfico 4.14 que apresenta o comportamento da precipitação total anual, considerando a estação Goianópolis, município inserido na bacia RJL.

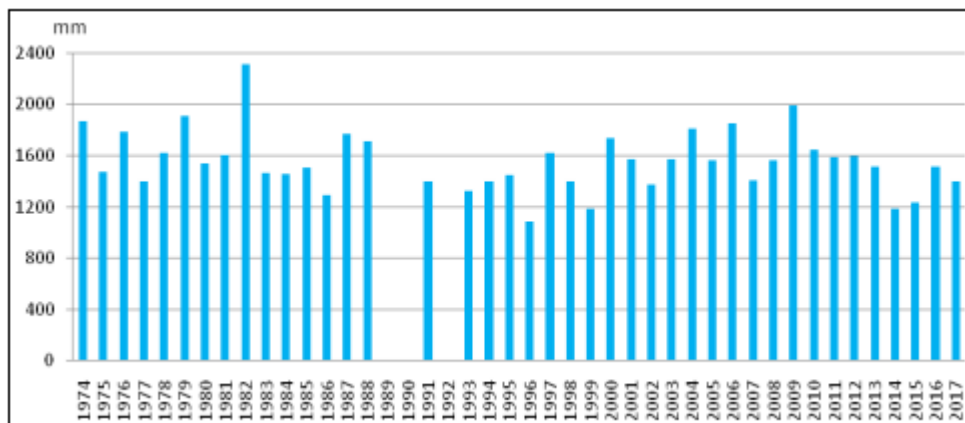


Gráfico 4.14 – Precipitação Total Anual – Estação Goianópolis entre 1974 e 2017
 Fonte: ANA (2018). Adaptado por STCP Engenharia de Projetos Ltda. (2018).

Confrontando tais informações com o crescimento populacional, para o Grupo de Tratamento. Obtivemos o seguinte comportamento para a População Total Abastecida:

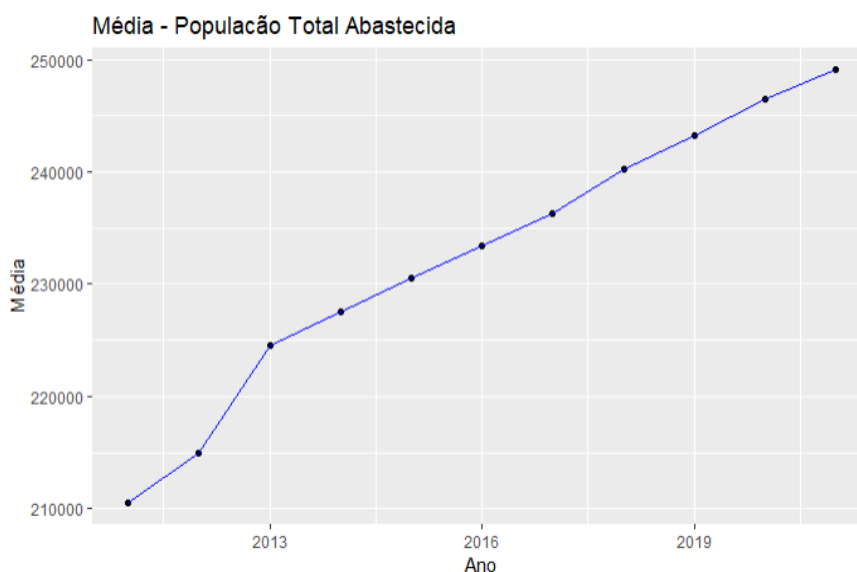


Gráfico 4.15 – Média População Total Abastecida (Grupo de Tratamento)
 Fonte: Elaboração Própria

Ao verificarmos a correlação entre a População Total Abastecida e a Área de Superfície de água, constatamos uma correlação forte, de 0,69. Trata-se de uma correlação positiva, que indica o aumento da População Abastecida, o que, teoricamente, demonstraria o aumento da Área de Superfície de água. No entanto, os gráficos 4.13 e 4.15 não corroboram essa informação para o período estudado. Tal situação levanta a hipótese de que somente a Área de Superfície de água não é determinante para favorecer o aumento da população abastecida, mas outras variáveis podem influenciar no resultado, por exemplo: o aumento da infraestrutura de abastecimento público.

Considerando o Relatório de Sustentabilidade de 2018 da Saneamento de Goiás S/A (Saneago), os indicadores de Água e Esgoto na área de abrangência da Saneago demonstram que, entre os anos de 2010 e 2017, a população atendida com água tratada evoluiu 21%. Neste período, foram investidos o total de R\$ 2.749.984.226,21 nos sistemas de água e esgoto, sendo que o ano de 2014 foi o mais significativo, representando 19,39% deste montante, conforme os gráficos abaixo:

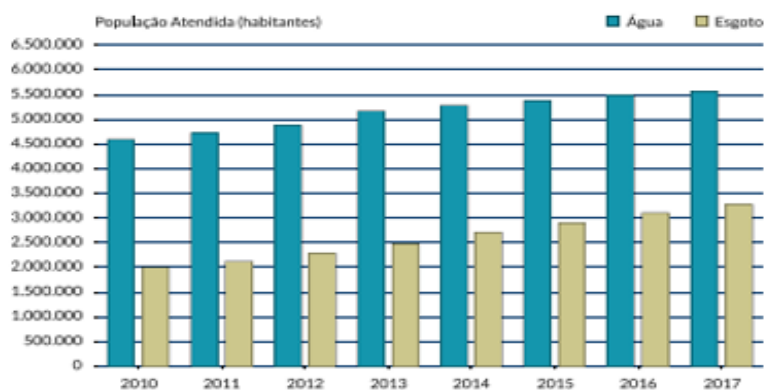


Gráfico 4.16 – Evolução da população atendida com abastecimento
Fonte: Relatório de Sustentabilidade Saneago de 2018

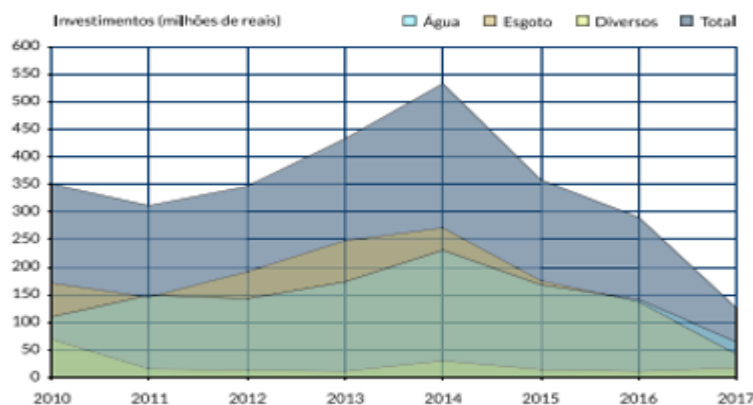


Gráfico 4.17 – Investimentos realizados em infraestrutura de água e esgoto
Fonte: Relatório de Sustentabilidade Saneago de 2018

Outra correlação importante verificada foi entre o Volume de Água Produzido e a Área de Recuperação para vegetação secundária do município (em ha) (Gráfico 4.18). Esta correlação se apresentou moderada, de 0,43. Isso demonstra que o aumento das Áreas de Recuperação para vegetação secundária pode influenciar o aumento do Volume de Água Produzido.

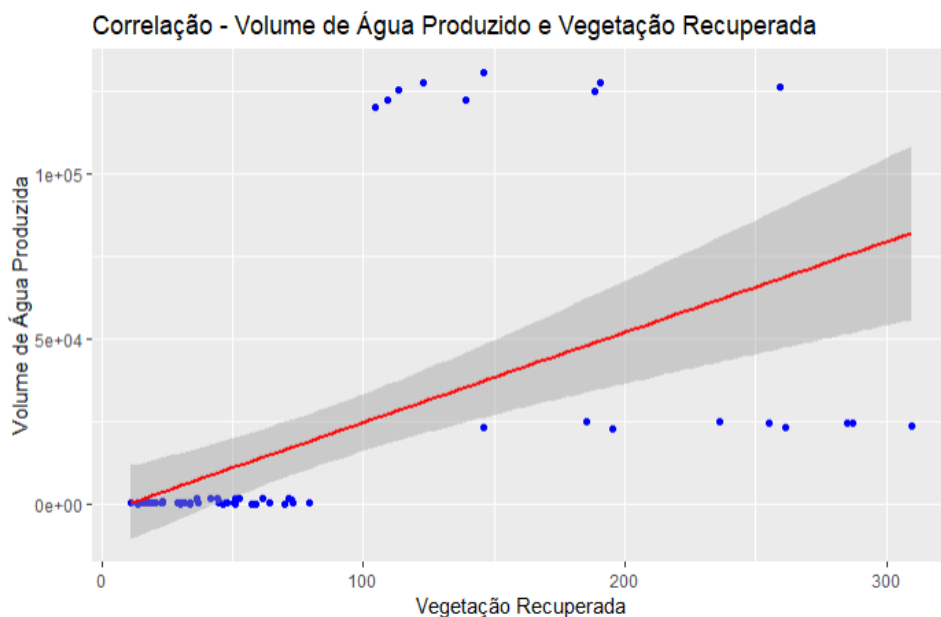


Gráfico 4.18 – Correlação Volume de água produzido e Recuperação para vegetação secundária (Grupo de Tratamento)
Fonte: Elaboração Própria

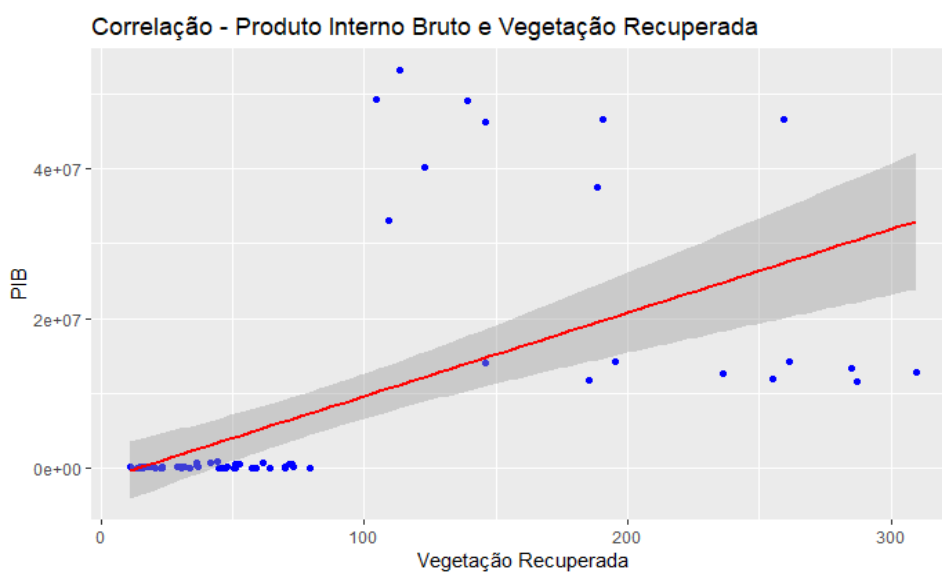


Gráfico 4.19 – Correlação Produto Interno Bruto e Recuperação para vegetação secundária (Grupo de Tratamento)
Fonte: Elaboração Própria

Da mesma forma, destacamos a correlação entre o PIB e as Áreas de Recuperação para vegetação secundária (Gráfico 16), que demonstrou uma correlação moderada de 0,52, indicando que o aumento do PIB e a consequente disponibilidade de recursos pode influenciar à recuperação para vegetação secundária. Tal informação corrobora o entendimento de que, a partir do momento em que existe o aumento dos níveis de renda, ocorre uma mudança da prioridade dada pelos indivíduos que se volta para a busca de um ambiente menos degradado. Considerando a relação entre aumento de cobertura vegetal e redução de emissões atmosféricas, de forma análoga à Curva Ambiental de Kuznets, que postula uma relação entre emissões e renda no formato de U invertido, em níveis iniciais de crescimento econômico, renda e emissões guardam uma relação direta. No entanto, à medida que a renda cresce e chega a um determinado nível, as emissões tendem a apresentar trajetória descendente (ÁVILA & DINIZ, 2015).

4.3. METODOLOGIA

4.3.1. Controle Sintético

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi aplicado o método denominado Controle Sintético, originalmente proposto por Abadie e Gardeazabal (2003), mas que alcançou repercussão a partir da publicação de Abadie et al. (2010). Este método soluciona as dificuldades de aproximação de características da unidade tratada com as características das unidades de controle (ABADIE, 2021). O controle sintético é o método mais moderno utilizado para avaliar os efeitos de uma política pública. Ele é particularmente útil quando não temos um grupo de controle diretamente externo ao que recebeu uma intervenção ou quando não temos dados sobre como teria sido o resultado na ausência da política.

Geralmente, em estudos que buscam verificar o efeito ou o impacto de uma política pública, o grupo de controle e o grupo de tratamento são usualmente definidos como unidades individuais, ou seja, os indivíduos que participaram ou não de alguma política, ou indivíduos que se elegeram ou não em um determinado processo seletivo. Certamente que existem estudos que aplicam este viés metodológico, mas, em contrapartida, também existe o debate sobre a validade das inferências estatísticas destes modelos (FERNANDES, 2020).

Assim, considerando que a escolha do grupo de controle ideal pode ser realizada de forma arbitrária e que a determinação de possíveis controles subentende ter conhecimento de qual combinação melhor se aproxima da unidade de tratamento, o Controle Sintético se

apresenta como uma importante opção, visto que ele deriva uma unidade de comparação artificial que realiza a combinação não linear convexa de todos os candidatos a uma única unidade de comparação (ALVES, 2022). O objetivo é resolver o problema contrafactual, realizando uma comparação da tendência na região atingida pela intervenção com a tendência em uma região sintética composta a partir de diversas regiões observadas (ABADIE, 2019 apud FERNANDES, 2020). Quando as unidades de observação são um pequeno número de entidades agregadas, uma combinação de unidades não afetadas pode fornecer uma comparação mais apropriada do que qualquer unidade de tratamento isolada (ABADIE et al, 2015 apud FERNANDES, 2020).

Na aplicação do Controle Sintético, considera-se uma unidade temporal que será dada por $t=1, \dots, T$, sendo T_0 o último período antes da intervenção, de forma que $1 < T_0 < T$. A variável de interesse é definida por Y . Assim, temos que:

- a) Y_{jt} - variável de interesse j no período t ;
- b) Y^I_{1t} - a unidade de tratamento onde se teve a intervenção;
- c) Y^N_{jt} - são as unidades de controle que não sofreram a intervenção;
- d) $\tau_{1j} = Y^I_{1t} - Y^N_{jt}$ - diferença em relação a variável de interesse e esta mesma unidade de interesse caso não tivesse recebido a intervenção;
- e) $\hat{Y}^N_{jt} = \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt}$ - é a estimação do contrafactual da variável de interesse caso não tivesse recebido a intervenção;
- f) w_j - é o peso de cada unidade de controle na formulação da unidade sintética;
- g) v_i - é o peso de cada variável nas unidades de controle para a formulação da unidade sintética.

Explicitando o que foi acima apresentado, a abordagem de Abadie et al (2010), pressupõe: $J+1$ unidades e Y_{it} como resultado observado da variável de interesse para a unidade i no período t . Se $i = 1$, temos a unidade tratada. Por outro lado, para $i \in \{2, \dots, J+1\}$, temos os candidatos a unidade de comparação (unidades não afetadas). Nesse contexto, a estimação do efeito ($\hat{\alpha}_t$) dessa intervenção para cada período t a partir da intervenção pressupõem a obtenção dos pesos da Equação abaixo (ALVES, 2022):

$$\hat{\alpha}_t = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \quad \text{Equação (4.1)}$$

Onde:

- Y_{it} : variável de interesse i no ano t ; $i = 1, 2, \dots, J+1$

- $w^*_j \in [0,1]$: peso atribuído a unidade de comparação potencial j

Os pesos são obtidos por meio de um algoritmo de minimização dupla que tem por base os controles potenciais disponíveis e as características observadas pré-intervenção que sejam preditoras do resultado de interesse antes da ocorrência da intervenção. Nesse processo, utilizando k covariadas preditoras, faz-se necessário realizar uma combinação entre as k características da unidade exposta à intervenção (numa matriz X_0 de ordem $(k \times 1)$) com as características correspondentes das unidades potenciais de controle (numa matriz X_1 de ordem $(k \times J)$). O objetivo é escolher o vetor W , que atribui pesos a cada controle potencial, de modo a minimizar a distância entre X_1 e X_0 . Isso significa minimizar a seguinte equação relacionada ao W (ALVES, 2022):

$$\|X_1 - X_0W\| = \sqrt{(X_1 - X_0W)'V(X_1 - X_0W)} \quad \text{Equação (4.2)}$$

Para realização da inferência estatística, Abadie et al (2010) apresenta uma metodologia fundamentada em teste de placebo, que se trata de um procedimento de permutação que busca testar para cada unidade de controle uma unidade sintética e calcular a razão do erro médio quadrático de previsão (MSPE ou *Ratio of Mean Square Prediction Error* - RMSPE). O efeito do tratamento na unidade que sofreu a intervenção será significativo quando sua magnitude é extrema em relação à distribuição da permutação (ABADIE et al., 2010 apud FERNANDES, 2020). Mas vale destacar que a magnitude da MSPE, considerando o período de tempo definido, pode apresentar discrepância que pode inviabilizar o teste de hipótese (FERNANDES, 2020). Nesta perspectiva, foi proposto uma razão entre o MPSE pós-intervenção e MSPE pré-intervenção, levando-se em conta as unidades de tratamento e as unidades de controle. Quanto maior essa razão, maior a evidência do efeito da intervenção (FERNANDES, 2020). A razão MSPE pode ser melhor explicada da seguinte forma (POSSEBOM, 2017 apud FERNANDES, 2020):

$$\text{MSPE} = \frac{\sum_{t=T_0+1}^T (Y_{j,t} - \hat{Y}_{j,t}^N)^2 / (T - T_0)}{\sum_{t=1}^{T_0} (Y_{j,t} - \hat{Y}_{j,t}^N)^2 / T_0} \quad \text{Equação (4.3)}$$

E para cada $j \in \{1, \dots, J+1\}$, calcula-se:

$$p = \frac{\sum_{j=1}^{J+1} [\text{RMSPE}_j \geq \text{RMSPE}_1]}{J + 1} \quad \text{Equação (4.4)}$$

Em resumo, transforma-se cada unidade de comparação em um placebo, caso exista tratamento real, espera-se observar o efeito da intervenção na unidade tratada e nenhum efeito no placebo (ALVES, 2022). Realizando o cálculo do MPSE definido para a unidade tratada e o cálculo dos placebos em dois subperíodos: o pré-intervenção (MSPE_{pre}) e o pós-intervenção (MSPE_{pos}), faz-se o cálculo da razão entre essas duas medidas, da seguinte forma (ALVES, 2022):

$$r_j = \frac{MSPE_{pos}}{MSPE_{pre}} \quad \text{Equação (4.5)}$$

Desse modo, se a intervenção produziu algum efeito na unidade j , o MSPE_{pós} deverá ser maior do que MSPE_{pre}, de modo que $r_j > 1$. Se a intervenção for real, ela só ocorreu de fato na unidade exposta ao tratamento (ALVES, 2022).

Além da estratégia de estimação acima apresentada, é possível mensurar um efeito agregado, considerando mais de uma unidade de tratamento. Para isso, utiliza-se um método quase experimental aplicado de forma similar à metodologia aqui exposta, cuja diferença estaria nos insumos utilizados. Caso exista N unidades tratadas, realiza-se um procedimento de bootstrap, no qual cada placebo é definido num sorteio de N unidades selecionadas dentre os controles potenciais para receberem a intervenção. Esse sorteio é realizado várias vezes e, em cada uma delas, no conjunto de unidades pseudotratadas, estima-se o controle sintético. Posteriormente, obtemos $J + 1$ medidas de efeito médio do tratamento ($\hat{\tau}_j$), a partir das quais calcula-se o percentual de vezes nos quais o $\hat{\tau}_j$ de um placebo foi superior ao $\hat{\tau}_j$ do conjunto de unidades efetivamente expostas a intervenção. Esse percentual, por sua vez, é interpretado como o p value da inferência estatística (ALVES, 2022).

4.3.2. Controle Sintético para Avaliação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL)

O objetivo do presente estudo é avaliar o efeito do Programa Produtor de Água, implementado na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, por meio da aplicação da metodologia de avaliação de políticas públicas denominada Controle Sintético.

Reiterando, o PPARJL se trata de um Projeto Piloto de Pagamento por Serviços Ambientais, implantado nas cidades de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás (AGUIAR, 2021), que tem por objetivo realizar ações para o aumento da disponibilidade hídrica e a melhoria da qualidade das águas da bacia do Ribeirão João Leite, utilizada para o abastecimento público de Goiânia. O programa propõe a inclusão de um modelo de incentivo financeiro aos proprietários rurais que fizeram adesão ao projeto. Neste piloto, foi utilizada o instrumento econômico denominado Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (CANEDO, 2020).

Na ocasião de definição das propriedades rurais participantes do programa foram levantados 82 produtores rurais das sub-bacias do Córrego Bandeira e Córrego das Pedras que estariam aptos a participar do PPARJL, no entanto, dos que pleitearam a adesão, por questões relacionadas à problemas de documentação, somente 36 (trinta e seis) puderam efetivamente participar do programa (CANEDO, 2020).

Conforme exposto por Canedo (2020), o PPARJL carece do estabelecimento de mecanismos de aferição da melhoria da qualidade ambiental da microrregião onde o programa foi implantado, de modo a contribuir para a demonstração dos resultados após a sua conclusão. Neste sentido, considerando que para realização de controles sintéticos não se faz necessário o acesso aos resultados pós-tratamento e que toda a análise de dados pode ser realizada sem saber como eles afetam as conclusões do estudo (Abadie, 2021), optamos pela aplicação dessa metodologia para avaliação dos efeitos do programa na região da bacia do Ribeirão João Leite.

Ainda que as propriedades que fizeram adesão ao PPARJL estivessem localizadas nos municípios de Nerópolis e Ouro Verde, o presente trabalho optou por definir como Unidades de Tratamento os municípios inseridos na bacia do Ribeirão João Leite (BRJL), quais sejam: Anápolis, Campo Limpo de Goiás, Goianápolis, Goiânia, Nerópolis, Ouro Verde de Goiás e Terezópolis de Goiás. Tal escolha decorre da insuficiência de dados do programa para aplicação do controle sintético e conhecimento de que os impactos ambientais, com o sucesso do programa, não se restringem apenas ao território dos dois municípios, estendendo-se à toda região da bacia.

Para aplicação da metodologia de controle sintético, foi utilizado o software Rstudio e os pacotes Synth, desenvolvido por Abadie, Diamond e Hainmueller (2011), e SCtools, desenvolvido por Silva e Dewitt (2019).

Conforme apresentado no item 4.2, foram levantados dados compilados em 34 variáveis que reunisse informações econômicas, sociais e ambientais, cujas características tivessem impacto na quantidade e na qualidade de água disponível e viabilizasse a aplicação do Controle Sintético. No entanto, no desenvolvimento das análises, verificamos que a seleção de determinadas variáveis retornava melhores resultados na aplicação do controle sintético. Neste sentido, foram selecionadas as seguintes variáveis preditoras:

Tabela 4.2 – Variáveis Predictoras Selecionadas - Descrição
Fonte: Elaboração Própria

Variáveis Predictoras Utilizadas	Descrição
RENDMEDIO	Rendimento médio - Agropecuária, Extração Vegetal, Caça e Pesca.
PAST	Área de Pastagem do município, em há.
VEGRECP	Área de Recuperação para vegetação secundária do município, em há.
FINANAGRI	Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas a produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades agrícolas.
FINANPEC	Valor dos financiamentos concedidos por instituições financeiras públicas e privadas a produtores, para fins de custeio, investimento e comercialização nas atividades pecuárias.
VOLHPPCP	Volume de água produzido/ População total do município do ano de referência.
PIBPERCAP	Produto Interno Bruto per capita, a preços correntes.
TURBOUT	Número de amostras com turbidez fora do padrão.

As variáveis PIBPERCAP, RENDMEDIO, FINANAGRI e FINANPEC, são variáveis financeiras e relacionadas à renda, que refletem a capacidade de geração de riqueza, o nível de atividade econômica e a disponibilidade de recursos para investimentos. Ao considerar essas variáveis na análise de similaridade, é possível identificar municípios com características semelhantes.

As Variáveis PAST e VEGRECP representam as características ambientais envolvidas no estudo. Tais variáveis configuram dados que fornecem informações sobre a qualidade dos aspectos ambientais que favorecem a conservação dos recursos hídricos em uma região. As informações nelas contidas estão relacionadas à área convertida em pastagem do município, (em ha) e à área de recuperação para vegetação secundária do município (em ha). Conforme item 4.2.5 (Gráfico 4.18), constatamos uma correlação moderada entre o volume de água produzido e a vegetação recuperada.

Em outra ponta, as variáveis VOLHPPCP e TURBOUT, foram definidas como as variáveis dependentes, pois refletem o volume de água produzido por habitante e o número de amostras com turbidez fora dos padrões, alinhando-se diretamente ao objetivo do programa, que é promover a melhoria da quantidade e qualidade da água na bacia do RJL.

Destacamos que as variáveis VOLHPPCP e TURBOUT também foram utilizadas como Preditores Especiais (Special Predictors), pois os valores de tais variáveis se apresentam como os melhores preditores para o estabelecimento de pesos na formação do controle sintético. Ao incluir as variáveis dependentes como preditores especiais, é possível melhorar a precisão das expectativas do efeito causal da política pública. Isso ocorre porque as variáveis dependentes podem conter informações relevantes que ajudam a explicar a variabilidade nos resultados (ABADIE et al, 2003). Assim, a aplicação das variáveis preditoras e dependentes foi realizada da seguinte forma:

Tabela 4.3 – Variáveis Preditoras Seleccionadas
Fonte: Elaboração Própria

Variáveis dependentes	Variáveis preditoras	Preditoras Especiais
VOLHPPCP	RENDMEDIO, PAST, VEGRECP	VOLHPPCP, PIBPERCAP
TURBOUT	RENDMEDIO, FINANAGRI, FINANPEC, VEGRECP	TURBOUT, PIBPERCAP

Ainda, sobre as variáveis aplicadas, a variável VOLHPPCP foi criada durante o desenvolvimento das análises, pois verificamos dificuldade na busca de municípios similares, considerando que alguns municípios (Anápolis e Goiânia, por exemplo) possuem população muito grande em relação aos demais municípios. A solução foi a criação de uma variável per capita.

Como grupo de controle, a princípio, o objetivo era a utilização de dados de todos os demais municípios do Estado de Goiás, ou seja, o grupo de controle seria composto por 238 municípios. No entanto, ocorreram dificuldades para realização do teste de placebos, quando da aplicação do método para cada unidade de tratamento, decorrente do grande número de controles. Uma hipótese da ocorrência desta dificuldade pode estar relacionada ao fato de que o Controle Sintético, a princípio, foi proposto por Abadie & Gardeazabal (2003), Abadie et al. (2010) e Abadie et al. (2015) para abordar questões contrafactuais envolvendo apenas uma unidade tratada e algumas unidades de controle (POSSEBOM et al, 2017). No entanto, é possível destacar estudos de Bauho (2014), Calderon (2014) e Severnini (2014), que propõem uma forma de aplicar o controle sintético para muitas unidades tratadas e de controle, que é semelhante a um estimador correspondente para dados de painel, e estudos de Acemoglu et al. (2013), Cavallo et al. (2013) e Dube & Zipperer (2013), que desenvolvem diferentes formas de aplicar o controle sintético quando há mais de uma unidade tratada, propondo testes semelhantes aos propostos por Abadie et al. (2010) e Abadie et al. (2015). Podemos citar também estudos de Gobillon & Magnac (2016), que trabalhando em um contexto com mais de uma unidade tratada, propõe uma maneira de calcular intervalos de confiança com base no bootstrap. Tal procedimento requer um grande número de regiões tratadas e controle para ser válido e centra-se exclusivamente na média temporal do efeito pós-intervenção (POSSEBOM et al, 2017). No presente estudo, realizamos os testes para cada unidades de tratamento, individualmente, e para todas unidades de tratamento, em conjunto.

Para solucionar as dificuldades na realização do controle sintético para cada unidade de tratamento, aplicamos um filtro para reduzir o número de municípios de controle. Foi estabelecido que entrariam para o grupo de controle somente municípios localizados nas bacias que afetam mais municípios. Nesta perspectiva foram selecionadas 6 (seis) bacias: bacia do Rio Uru, bacia do Rio Verde, bacia do Rio Anicuns, bacia do Rio Turvo, bacia do Rio Veríssimo e bacia do Rio Vermelho. Assim, como unidades de controle, foram selecionados 33 (trinta e três) municípios goianos: Adelândia, Araçu, Avelinópolis, Britânia,

Caçu, Campestre de Goiás, Campo Alegre de Goiás, Carmo do Rio Verde, Caturai, Ceres, Cocalzinho de Goiás, Cumari, Damianópolis, Edéia, Firminópolis, Goiandra, Goiás, Guaraíta, Heitorai, Itaberaí, Itapirapuã, Itapuranga, Mineiros, Morro Agudo de Goiás, Nova Aurora, Palminópolis, Santa Bárbara de Goiás, São Patrício, Serranópolis, Taquaral de Goiás, Trindade, Turvânia, Uruana.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para apresentação dos resultados, considerando o grande número de unidades tratadas e de unidades e controle, iniciaremos com um panorama geral e, posteriormente, apresentaremos os resultados mais relevantes obtidos.

Dessa forma, nas Tabelas 5.1 e 5.2, temos os resultados relacionados à ponderação de cada variável, para predizer a média do volume de água produzida per capita (VOLHPPCP) e o número de amostras de turbidez fora do padrão (TURBOUT), nos municípios sintéticos.

Tabela 5.1 – Pesos das variáveis na Unidade Sintética
Fonte: Elaboração Própria

PREDITORES	Pesos das variáveis na Unidade Sintética - VOLHPPCP						
	Anápolis	Campo Limpo de Goiás	Goianápolis	Goiânia	Nerópolis	Ouro Verde de Goiás	Terezópolis de Goiás
RENDMEDIO (R\$)	0	0.045	0	0	0.022	0	0.002
PAST (ha)	0.524	0.003	0.52	0.187	0.004	0	0.063
VEGRECP (ha)	0.373	0.047	0.36	0.151	0.005	0	0.058
Special.PIBPERCAP.2014 (R\$)	0.017	0.136	0.014	0.519	0.047	0.354	0.33
Special.PIBPERCAP.2016 (R\$)	0.001	0.647	0.043	0.022	0.041	0.121	0.298
Special.VOLHPPCP.2014 (1000 m ³ /mês/hab)	0	0.089	0.055	0.006	0.693	0.357	0
Special.VOLHPPCP.2016 (1000 m ³ /mês/hab)	0.085	0.034	0.008	0.115	0.188	0.167	0.248

Tabela 5.2 – Pesos das variáveis na Unidade Sintética
Fonte: Elaboração Própria

PREDITORES	Pesos das variáveis na Unidade Sintética - TURBOUT						
	Anápolis	Campo Limpo de Goiás	Goianápolis	Goiânia	Nerópolis	Ouro Verde de Goiás	Terezópolis de Goiás
RENDMEDIO (R\$)	0	0.004	0	0.044	0.169	0.303	0.002

FINANAGRI (R\$)	0.004	0.175	0	0.126	0.127	0.096	0.139
FINANPEC (R\$)	0.207	0.001	0.076	0.117	0.094	0.426	0.122
VEGRECP (ha)	0.124	0.046	0.084	0.208	0.05	0.016	0.246
Special.PIBPERCAP.2014 (R\$)	0.001	0	0.712	0.147	0.303	0.004	0.227
Special.PIBPERCAP.2016 (R\$)	0.222	0.153	0	0.292	0.246	0.112	0.262
Special.TURBOUT.2014 (amostras/ano)	0.199	0.001	0.091	0.061	0	0	0.003
Special.TURBOUT.2016 (amostras/ano)	0.243	0.621	0.038	0.004	0.011	0.042	0

Considerando os dados apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2, podemos observar que os maiores pesos atribuídos à variáveis, foram para: PIB per capita (Campo Limpo de Goiás Sintético - VOLHPPCP e Goianápolis Sintético - TURBOUT), Área de pastagem do município (Anápolis Sintético - VOLHPPCP), no Volume de água produzido por habitante (Nerópolis Sintético - VOLHPPCP), no Valor dos financiamentos concedidos para custeio, investimento e comercialização nas atividades pecuárias (Ouro Verde de Goiás Sintético - TURBOUT) e na Turbidez fora do padrão (Campo Limpo de Goiás Sintético - TURBOUT).

Referente às unidades de controle, os pesos estão representados nas Tabelas 5.3 e 5.4. Considerando os dados apresentados nas referidas tabelas, o município de Nerópolis Sintético (destacado em vermelho – Tabela 5.4) foi o município que apresentou mais unidades de controle com atribuição de pesos.

Tabela 5.3 – Peso de cada município na unidade sintética
Fonte: Elaboração Própria

Unit.names	Peso de cada município na unidade sintética - Em cada variável (VOLHPPCP e TURBOUT)							
	Anápolis		Campo Limpo de Goiás		Goianápolis		Goiânia	
	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT
Adelândia	0.000	0.000	0.000	0.405	0.007	0.000	0.000	0.000
Araçu	0.000	0.000	0.000	0.024	0.317	0.020	0.001	0.000
Avelinópolis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.000	0.000	0.000
Britânia	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caçu	0.680	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.230	0.716
Campestre de Goiás	0.000	0.000	0.005	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Campo Alegre de Goiás	0.039	0.279	0.001	0.000	0.000	0.000	0.050	0.228
Carmo do Rio Verde	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Caturai	0.000	0.000	0.000	0.000	0.167	0.000	0.000	0.000
Ceres	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.445	0.000

Cocalzinho de Goiás	0.000	0.000	0.129	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Cumari	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000
Damianópolis	0.000	0.000	0.006	0.277	0.000	0.000	0.000	0.000
Edéia	0.178	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.000
Firminópolis	0.000	0.000	0.491	0.288	0.001	0.000	0.000	0.000
Goiandira	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Goiás	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Guaraíta	0.000	0.000	0.340	0.000	0.183	0.000	0.001	0.000
Heitorai	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Itaberaí	0.001	0.110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000
Itapirapuã	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itapuranga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Mineiros	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052
Morro Agudo de Goiás	0.000	0.104	0.002	0.000	0.000	0.979	0.000	0.000
Nova Aurora	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Palminópolis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Santa Bárbara de Goiás	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219	0.000	0.188	0.000
São Patrício	0.000	0.000	0.006	0.002	0.034	0.000	0.001	0.004
Serranópolis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Taquaral de Goiás	0.000	0.355	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Trindade	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Turvânia	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Uruana	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

Tabela 5.4 – Peso de cada município na unidade sintética
Fonte: Elaboração Própria

Unint.names	Peso de cada município na unidade sintética - Em cada variável (VOLHPPCP e TURBOUT)					
	Nerópolis		Ouro Verde		Terezópolis de Goiás	
	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT	weights - VOLHPPCP	weights - TURBOUT
Adelândia	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.042
Araçu	0.006	0.030	0.000	0.187	0.000	0.000
Avelinópolis	0.029	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
Britânia	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Caçu	0.035	0.000	0.000	0.000	0.249	0.000
Campestre de Goiás	0.008	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Campo Alegre de Goiás	0.051	0.001	0.195	0.000	0.000	0.000
Carmo do Rio Verde	0.010	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
Caturai	0.006	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Ceres	0.034	0.001	0.000	0.321	0.000	0.001
Cocalzinho de Goiás	0.003	0.000	0.669	0.000	0.000	0.000
Cumari	0.099	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Damianópolis	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002
Edéia	0.100	0.004	0.000	0.010	0.016	0.000
Firminópolis	0.006	0.000	0.000	0.000	0.727	0.000
Goiandira	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Goiás	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Guaraíta	0.005	0.001	0.136	0.000	0.000	0.000
Heitorai	0.006	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
Itaberaí	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Itapirapuã	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Itapuranga	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mineiros	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Morro Agudo de Goiás	0.005	0.088	0.000	0.000	0.001	0.000
Nova Aurora	0.006	0.485	0.000	0.466	0.000	0.030
Palminópolis	0.003	0.316	0.000	0.006	0.000	0.000
Santa Bárbara de Goiás	0.417	0.001	0.000	0.000	0.000	0.916
São Patrício	0.098	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000
Serranópolis	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Taquaral de Goiás	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.008
Trindade	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Turvânia	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Uruana	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

A Tabela 5.5 apresenta a comparação dos resultados entre a unidade de tratamento, a unidade sintética e a média simples das variáveis. Destacamos em vermelho os municípios que apresentaram as melhores medidas de comparação em relação a todas as variáveis utilizadas, apresentando melhor ajuste em relação à média simples. Destacaram-se Anápolis, Goianápolis (apenas para VOLHPPCP), Nerópolis, Ouro Verde de Goiás.

Tabela 5.5 – Comparação dos resultados entre a unidade de tratamento, a unidade sintética e a média simples
Fonte: Elaboração Própria

ANÁPOLIS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.086.758	1.360.931	1.186.243
PAST	57.503	65.644	176.602
VEGRECP	259.673	247.308	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	69.352	70.927	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	63.444	63.362	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	35.152.180	34.168.365	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	34.657.210	52.888.406	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.086.758	1.239.334	1.186.243
FINANAGRI	56.324.453.215	50.367.512.294	16.529.394.711
FINANPEC	13.849.601.255	13.804.168.618	16.621.161.811
VEGRECP	259.673	266.033	320.199
Special.TURBOUT.2014	4.150	4.083	4.409
Special.TURBOUT.2016	3.820	3.850	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	35.152.180	29.655.159	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	34.657.210	34.705.363	22.722.377
CAMPO LIMPO DE GOIÁS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.026.590	1.028.307	1.186.243

PAST	2.922	35.758	176.602
VEGRECP	44.382	120.854	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	42.820	43.326	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	46.854	46.918	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	12.279.460	11.842.391	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	11.315.880	13.075.908	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.026.590	978.820	1.186.243
FINANAGRI	1.210.635.095	1.725.214.488	16.529.394.711
FINANPEC	4.459.881.340	4.861.135.792	16.621.161.811
VEGRECP	44.382	96.492	320.199
Special.TURBOUT.2014	2.510	3.787	4.409
Special.TURBOUT.2016	3.810	3.791	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	12.279.460	10.714.900	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	11.315.880	11.494.780	22.722.377
GOIANÁPOLIS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.136.447	1.056.206	1.186.243
PAST	1.300	3.337	176.602
VEGRECP	41.783	41.387	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	59.145	59.174	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	58.011	58.005	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	13.923.200	13.918.325	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	14.437.770	14.462.365	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.136.447	881.600	1.186.243
FINANAGRI	4.314.405.250	35.692.247	16.529.394.711
FINANPEC	3.191.813.305	4.858.158.444	16.621.161.811
VEGRECP	41.783	69.657	320.199
Special.TURBOUT.2014	11.960	11.919	4.409
Special.TURBOUT.2016	12.670	9.992	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	13.923.200	13.708.408	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	14.437.770	15.182.750	22.722.377
GOIÂNIA			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.845.380	1.147.244	1.186.243
PAST	7.028	44.211	176.602
VEGRECP	169.400	135.248	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	92.378	92.344	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	87.052	87.359	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	32.718.000	26.097.746	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	32.176.900	32.466.045	22.722.377

Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1845.38	1.490.083	1.186.243
FINANAGRI	95294221.92	73.829.769.297	16.529.394.711
FINANPEC	45205280.87	33.655.128.540	16.621.161.811
VEGRECP	169.40	457.303	320.199
Special.TURBOUT.2014	3.84	3.426	4.409
Special.TURBOUT.2016	3.56	4.012	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	32718.00	37.299.321	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	32176.90	54.371.392	22.722.377
NERÓPOLIS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.245.895	1.245.635	1.186.243
PAST	1.360	33.219	176.602
VEGRECP	57.628	92.773	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	63.461	63.502	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	58.244	58.212	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	22.358.460	22.354.714	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	24.325.760	24.340.860	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.245.895	1.245.792	1.186.243
FINANAGRI	2.698.471.680	2.752.217.694	16.529.394.711
FINANPEC	5.362.705.735	5.658.815.719	16.621.161.811
VEGRECP	57.628	56.611	320.199
Special.TURBOUT.2014	4.850	4.840	4.409
Special.TURBOUT.2016	4.670	4.671	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	22.358.460	15.714.509	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	24.325.760	23.982.326	22.722.377
OURO VERDE DE GOIÁS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.103.778	1.184.584	1.186.243
PAST	6.887	203.605	176.602
VEGRECP	54.668	438.483	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	35.021	38.127	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	41.966	40.134	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	21.463.010	21.158.484	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	21.956.890	22.552.384	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.103.778	1.103.800	1.186.243
FINANAGRI	637.853.778	1.482.957.397	16.529.394.711
FINANPEC	3.843.131.722	4.092.602.837	16.621.161.811
VEGRECP	54.668	61.194	320.199

Special.TURBOUT.2014	1.260	2.727	4.409
Special.TURBOUT.2016	5.460	5.408	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	21.463.010	17.525.720	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	21.956.890	21.129.735	22.722.377
TEREZÓPOLIS DE GOIÁS			
Média das Variáveis pré-intervenção - VOLHPPCP			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.077.365	1.143.516	1.186.243
PAST	0.415	20.756	176.602
VEGRECP	17.465	93.807	320.199
Special.VOLHPPCP.2014	53.853	53.808	61.149
Special.VOLHPPCP.2016	49.036	49.352	60.188
Special.PIBPERCAP.2014	21.699.220	17.185.161	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	23.796.670	23.690.523	22.722.377
Média das Variáveis pré-intervenção - TURBOUT			
Variáveis	Treated	Synthetic	Sample Mean
RENDMEDIO	1.077.365	1.117.025	1.186.243
FINANAGRI	364.226.218	635.917.743	16.529.394.711
FINANPEC	2.615.856.795	4.449.242.322	16.621.161.811
VEGRECP	17.465	19.806	320.199
Special.TURBOUT.2014	1.170	1.108	4.409
Special.TURBOUT.2016	0.750	0.779	4.657
Special.PIBPERCAP.2014	21.699.220	17.882.884	18.840.477
Special.PIBPERCAP.2016	23.796.670	14.674.337	22.722.377

Tabela 5.6 – P-Value dos Resultados Estimados por Variável Dependente
Fonte: Elaboração Própria

Variável Dependente	P-Value dos Resultados Estimados por Variável Dependente							
	Anápolis		Bonfinópolis		Campo Limpo de Goiás		Goianápolis	
	Treated	Placebo	Treated	Placebo	Treated	Placebo	Treated	Placebo
VOLHPPCP (1000 m ³ /mês/hab)	0.48	0.64	0.46	0.76	0.28	0.73	0.65	0.33
TURBOUT (amostras/ano)	0.42	0.34	0.50	0.62	0.68	0.91	0.96	0.50
Variável Dependente	Goiânia		Nerópolis		Ouro Verde de Goiás		Terezópolis de Goiás	
	Treated	Placebo	Treated	Placebo	Treated	Placebo	Treated	Placebo
	VOLHPPCP (1000 m ³ /mês/hab)	0.83	1	0.87	0.69	0.43	0.26	0.93
TURBOUT (amostras/ano)	0.56	0.36	0.31	0.34	0.97	0.38	0.78	1

A Tabela 5.6 apresenta o p-value dos efeitos estimados do PPARJL sobre cada variável dependente examinada. Com base nos p-values apresentados, podemos notar que, dentre as unidades de tratamento (municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite), não se observam unidades com significância estatística, ou seja, nenhum dos efeitos estimados

do PPARJL apresentou significância estatística a 5%, que é a medida aplicada para que a hipótese nula seja rejeitada.

5.1. RESULTADOS DO CONTROLE SINTÉTICO PARA CADA UNIDADE DE TRATAMENTO

Para demonstrar os resultados com a aplicação do método de controle sintético, discorreremos com a apresentação dos efeitos do PPARJL considerando os menores p-values resultantes no presente estudo, conforme Tabela 5.6. No caso, foram os municípios de Anápolis, Nerópolis e Ouro Verde de Goiás (destacados em vermelho na Tabela 6.6), sendo que os dois últimos municípios receberam diretamente a intervenção da política pública.

Considerando a variável dependente TURBOUT, a unidade de tratamento Anápolis apresentou p-value acima de 10%, condição favorável para que a hipótese nula não seja rejeitada. Neste sentido, não houve efeito estatístico importante para o PPARJL nesta unidade de tratamento. No Gráfico 5.1, é possível verificar os resultados da comparação entre o Anápolis Sintético e os dados reais do PPARJL.

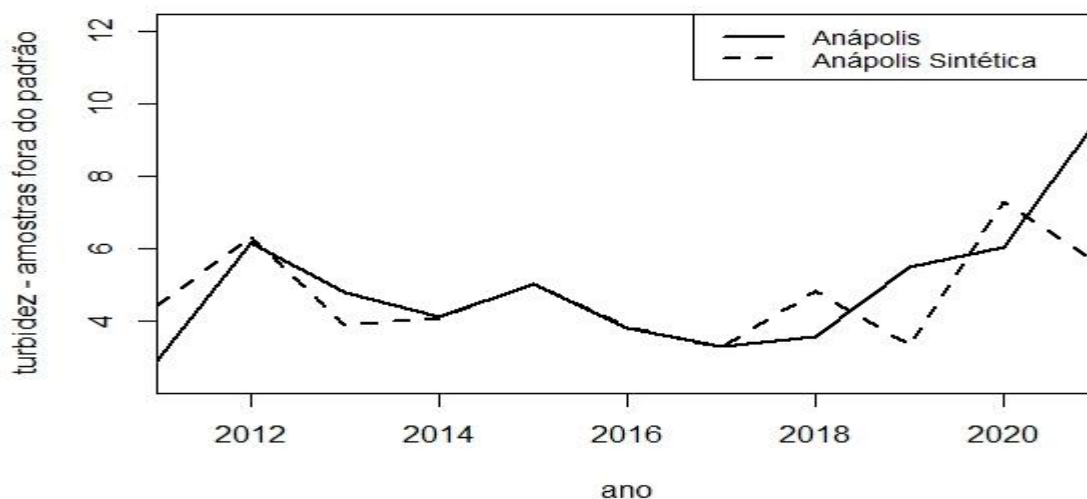


Gráfico 5.1 – Comparação de Resultados - Anápolis e Anápolis Sintético
Fonte: Elaboração Própria

No eixo Y temos o número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade e no eixo X temos a variável temporal, no período de 2012 a 2020; a linha contínua indica os dados relacionados ao município de Anápolis real e a linha tracejada representa Anápolis Sintético.

As intervenções do Programa em estudo se iniciaram em 2017, com a assinatura dos contratos denominados Projetos Individuais de Propriedade – PIPs. Nota-se que existe um ajustamento entre Anápolis e Anápolis Sintético no período pré-tratamento, embora não seja um ajustamento perfeito, que se distanciam após a data da intervenção. No entanto, conforme explicitado, não houve significância estatística para considerarmos os resultados posteriores à 2017 relevantes para avaliação do programa.

Podemos também verificar o efeito da intervenção observando a diferença entre o número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade no período pré e pós-tratamento. O Gráfico 5.2 apresenta esta informação. O eixo Y indica o resultado da diferença entre número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade e o eixo X indica a unidade temporal. Podemos verificar que existem oscilações durante o período pós-tratamento, em momentos que o número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade diminui e outros que aumenta.

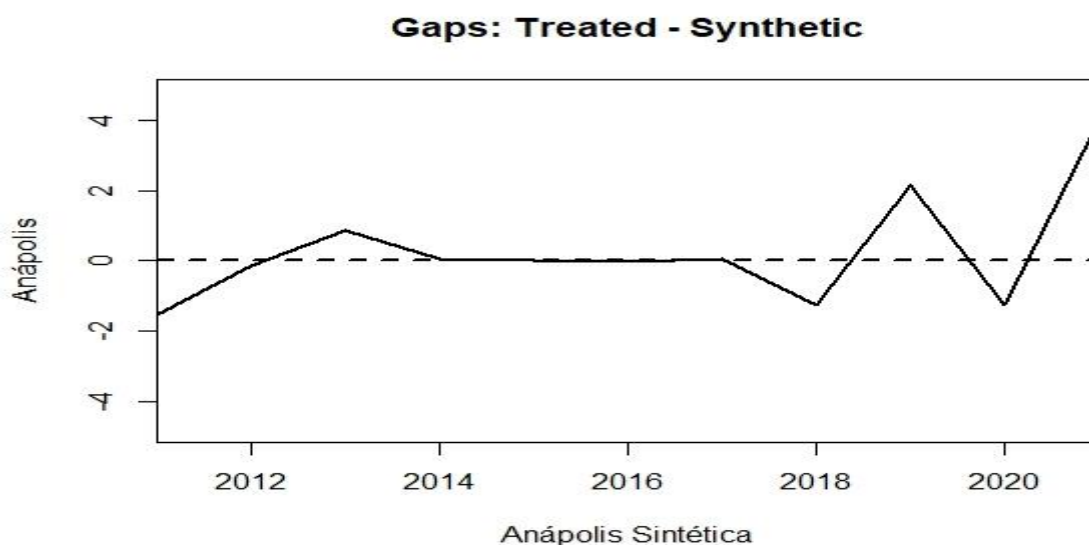


Gráfico 5.2 – Comparação de Resultados - Anápolis e Anápolis Sintético
Fonte: Elaboração Própria

Prosseguindo, temos o teste de permutação, que é aplicado para inferências no método de controle sintético (ABADIE; GARDEAZABAL, 2003). O método é reproduzido em todas as unidades de controle como se fossem unidades de tratamento, para verificarmos os resultados dos gaps do número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade e compará-los à unidade de tratamento, nesse caso Anápolis. A intenção é saber se algum outro município apresenta uma resposta maior que Anápolis, referente ao número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade.

O Gráfico 5.3 apresenta o resultado obtido. As linhas ofuscadas representam a aplicação do método nos municípios (controles) selecionados, como se fosse a unidade de tratamento. Podemos perceber que existem um número expressivo de municípios com resultados superiores ao resultado apresentado pela unidade de tratamento Anápolis.

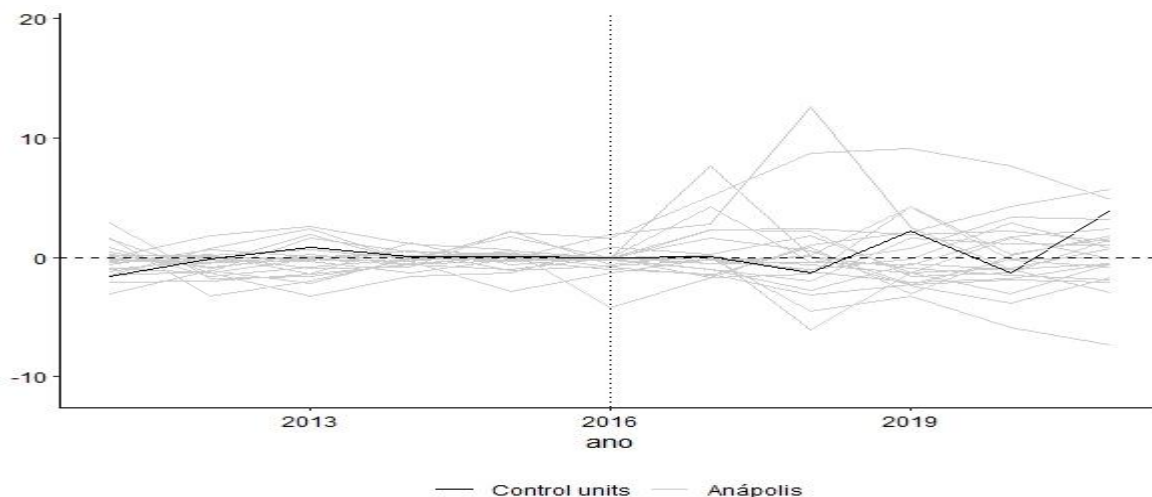


Gráfico 5.3 – Teste de Placebo – Anápolis e Unidades de Controle

Fonte: Elaboração Própria

A seguir, temos outra forma de apresentar o teste de permutação, que é a Razão MSPE. Esta se trata de um indicador que mede a magnitude da diferença na variável de interesse entre cada município e sua contraparte sintética. O Gráfico 5.4 demonstra a razão entre o Erro Quadrático Médio de Previsão (MSPE) pós e pré tratamento, doravante denominada razão pós/pré MSPE, para Anápolis e Placebos.

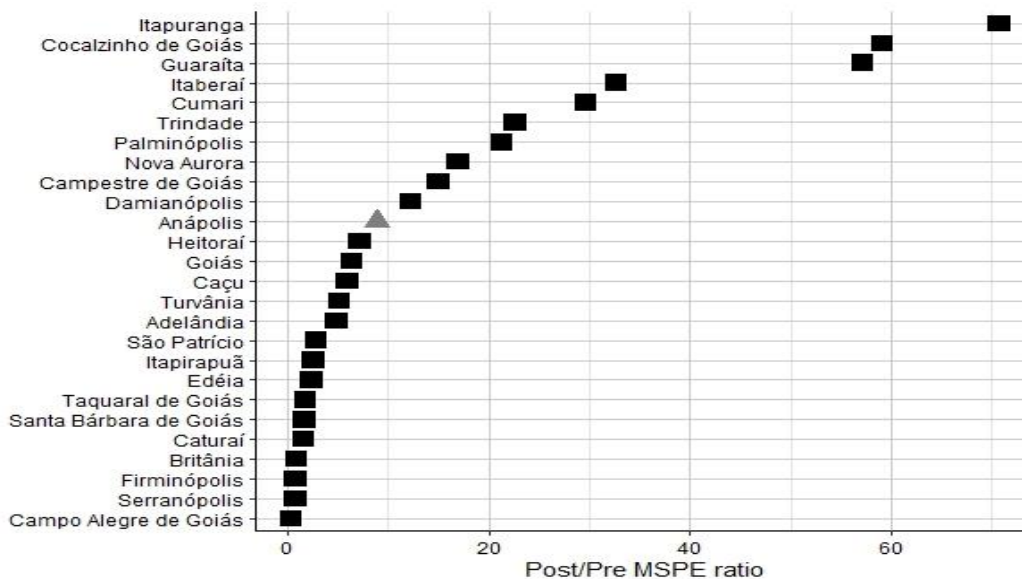


Gráfico 5.4 – Razão MSPE para Anápolis e Placebos

Fonte: Elaboração Própria

Podemos observar que Anápolis encontra-se em uma região mediana da distribuição. Isso significa que, caso a intervenção ocorresse de forma aleatória nos dados, a probabilidade de se obter uma razão pré/pós MSPE maior ou igual a de Anápolis seria $11/26 = 0.42$, ou seja, o p-value associado (Tabela 5.6). Nesta perspectiva, o efeito estimado do PPARJL não seria estatisticamente significativo a 5%.

Adiante, apresentamos os efeitos do tratamento. Conforme o Gráfico 5.5, podemos observar que o número de amostras de turbidez fora do padrão apresentou trajetória decrescente, entre 2014 e 2017. Em seguida, entre 2017 e 2021, ocorre um aumento dessa variável, tanto para a unidade tratada, como para a unidade de controle, com a diferença de que a unidade de tratamento apresentou um aumento menos expressivo, entre 2017 e 2018 e, posteriormente, aumentou consideravelmente. A unidade sintética apresentou uma queda entre 2018 e 2019 e, a partir daí, também apresentou um aumento expressivo.

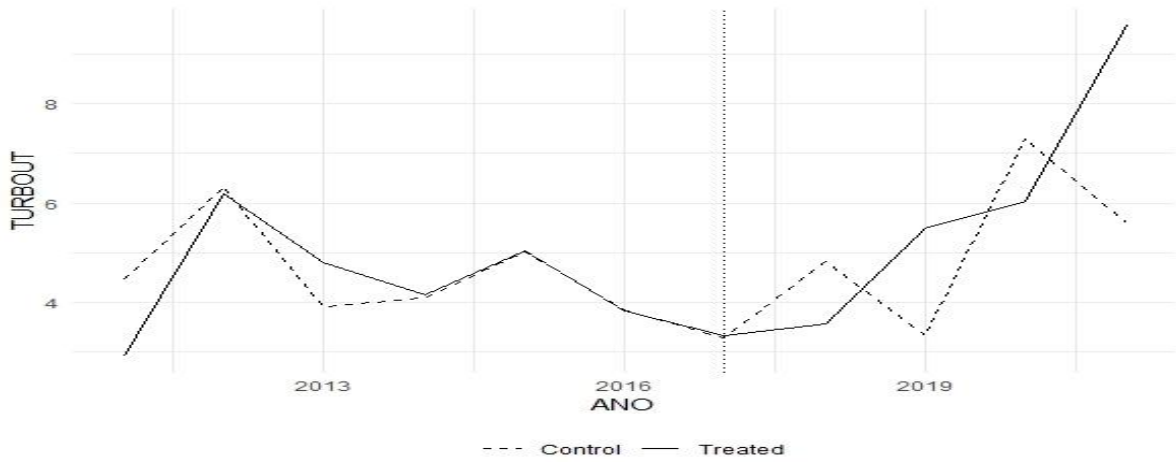


Gráfico 5.5 – Efeito do Tratamento - Anápolis
Fonte: Elaboração Própria

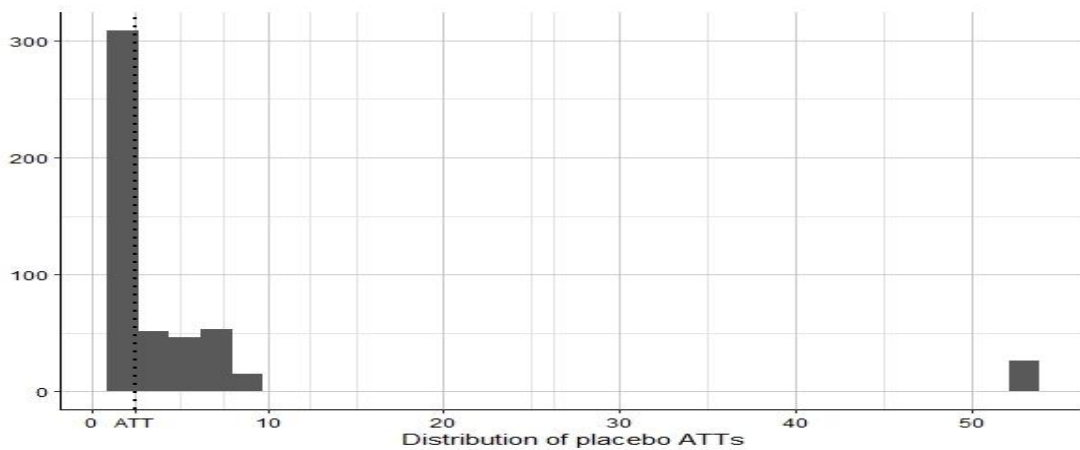


Gráfico 5.6 – Efeito médio do Tratamento – Anápolis
Fonte: Elaboração Própria

O Gráfico 5.6 apresenta o efeito médio do PPARJL no município de tratamento e nos placebos. Podemos notar que o efeito do tratamento (ATT) está localizado mais à esquerda da distribuição. Isso demonstra que o programa não apresentou efeitos satisfatórios.

A seguir, apresentaremos os resultados referentes à variável dependente TURBOUT, considerando a unidade de tratamento Nerópolis, que também apresentou p-value acima de 10%, condição favorável para aceitarmos a hipótese nula e concluir que não houve efeito estatístico importante para o PPARJL nesta unidade de tratamento. O Gráfico 5.7, é possível verificar os resultados da comparação entre o Nerópolis Sintético e os dados reais do PPARJL.

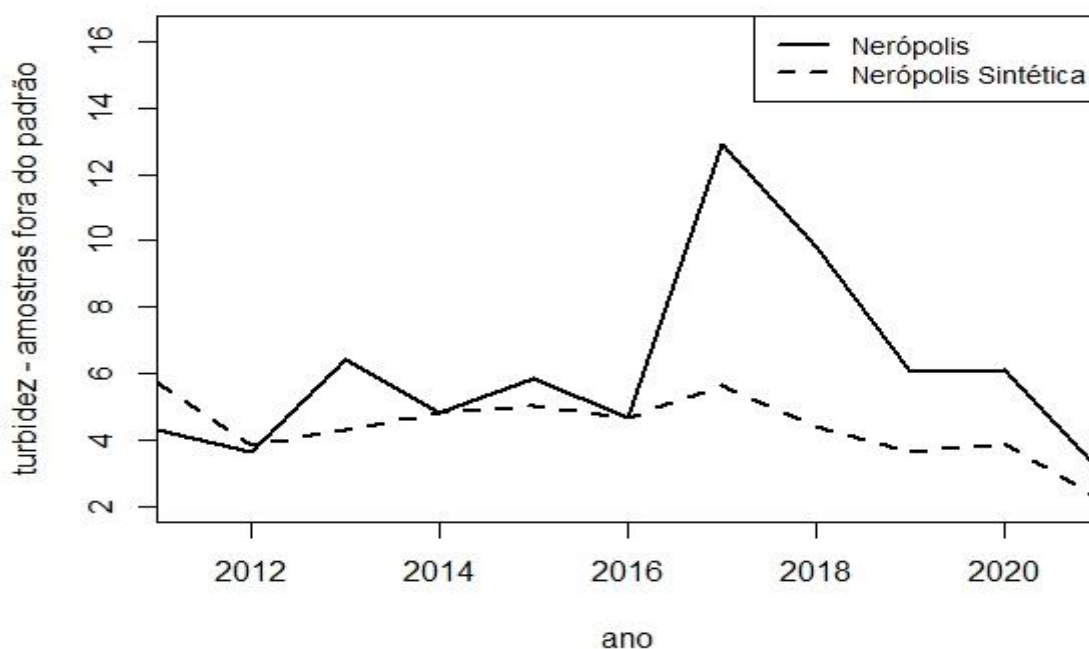


Gráfico 5.7 – Comparação de Resultados - Nerópolis e Nerópolis Sintético
Fonte: Elaboração Própria

Podemos notar que para esta unidade de tratamento não houve um ajustamento perfeito antes da intervenção e que ocorreu um distanciamento após a data da intervenção. O resultado indica que houve um aumento no número de amostras de turbidez fora do padrão após a intervenção, o que indicaria a não efetividade do PPARJL.

No Gráfico 5.8, temos o resultado da diferença entre número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade. Podemos verificar que durante o período pós-tratamento o número de amostras de turbidez fora do padrão de qualidade, na unidade de tratamento, é consideravelmente maior que na unidade sintética.

Gaps: Treated - Synthetic

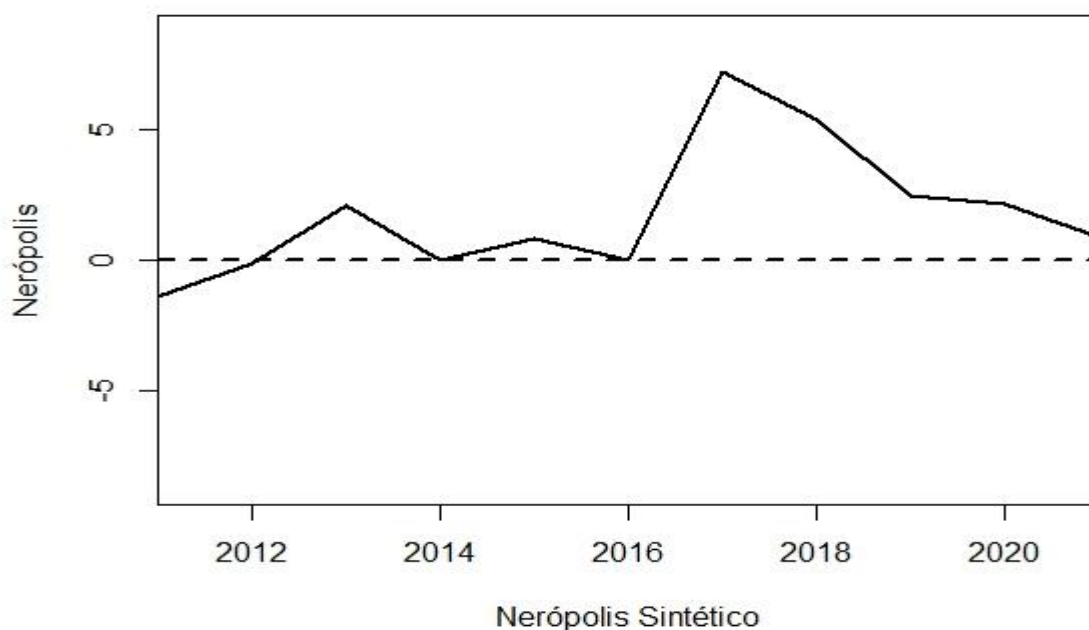


Gráfico 5.8 – Comparação de Resultados - Nerópolis e Nerópolis Sintético
Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.9, seguimos com a realização do teste de permutação com a aplicação do método nos municípios (controles) selecionados, como se fossem a unidade de tratamento. Podemos perceber que, comparando à Anápolis, temos menos municípios com resultados superiores ao resultado apresentado pela unidade de tratamento Nerópolis.

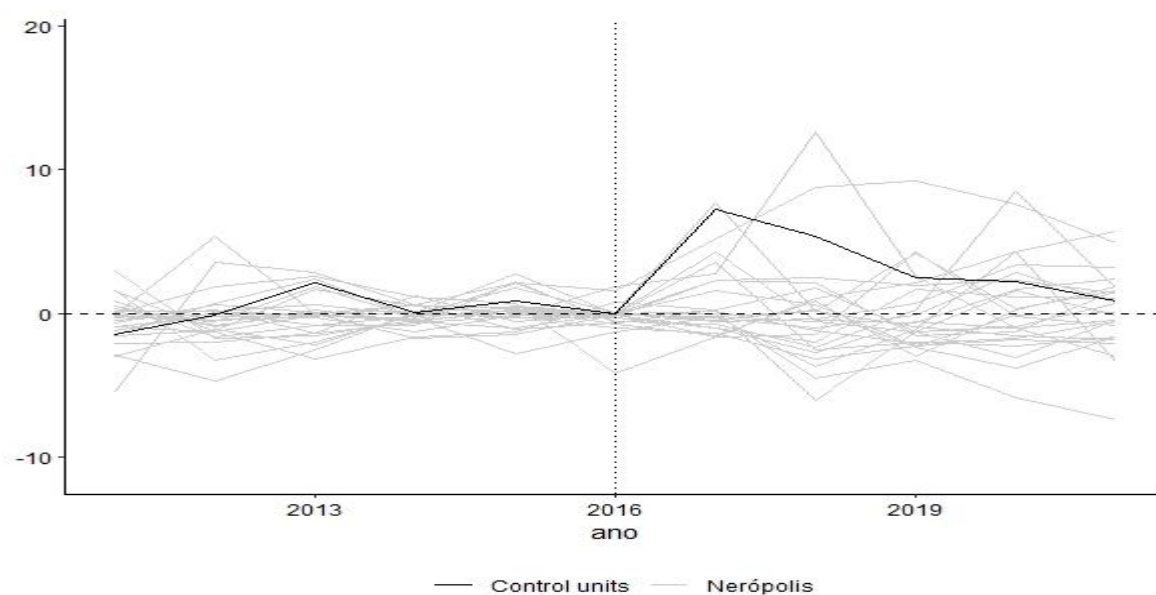


Gráfico 5.9 – Teste de Placebo – Nerópolis e Unidades de Controle
Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.10, apresentamos a razão pós/pré MSPE, para Nerópolis e Placebos. Podemos observar que Nerópolis se encontra em uma região mais acima da distribuição. Isso significa que, caso a intervenção ocorresse de forma aleatória nos dados, a probabilidade de se obter uma razão pré/pós MSPE maior ou igual a de Nerópolis seria $9/29 = 0.31$, ou seja, o p value associado (Tabela 5.6). Nesta perspectiva, o efeito estimado do PPARJL não seria estatisticamente significativo a 5%.

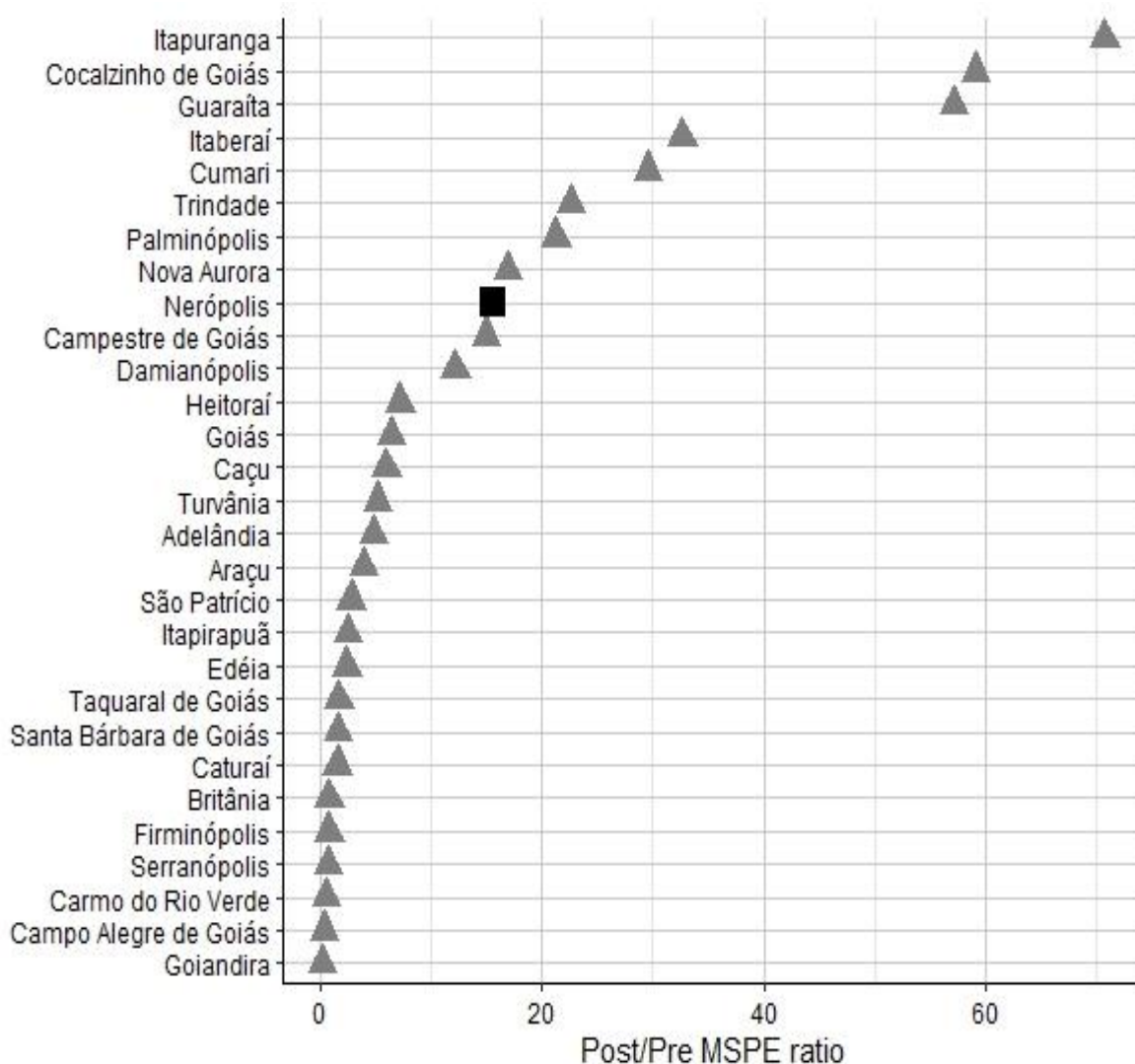


Gráfico 5.10 – Razão MSPE para Nerópolis e Placebos
 Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.11, apresentamos os efeitos do tratamento para a unidade de tratamento Nerópolis. Podemos observar que, após a data de intervenção, 2017, houve um decréscimo no número de amostras de turbidez fora do padrão. No entanto o valor ainda foi superior ao apresentado no município sintético.

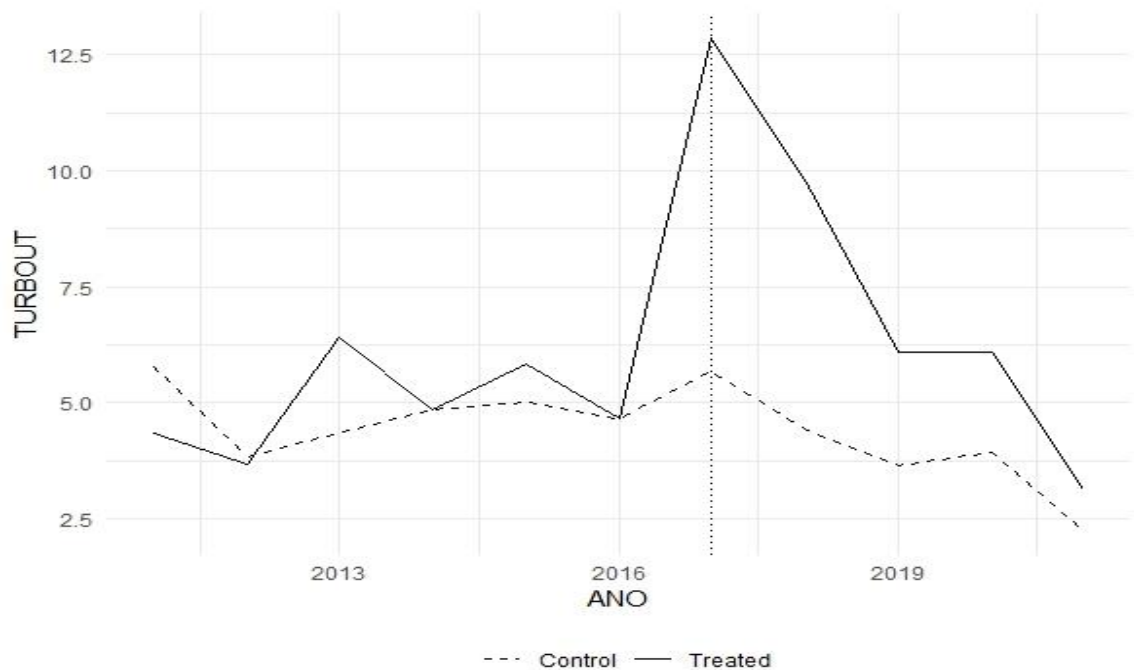


Gráfico 5.11 – Efeito do Tratamento – Nerópolis
 Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.12 temos o efeito médio do PPARJL no município de tratamento e nos placebos. Da mesma forma que Anápolis, Nerópolis, apresenta o efeito do tratamento mais à esquerda, o que demonstra que o programa não apresentou efeitos satisfatórios.

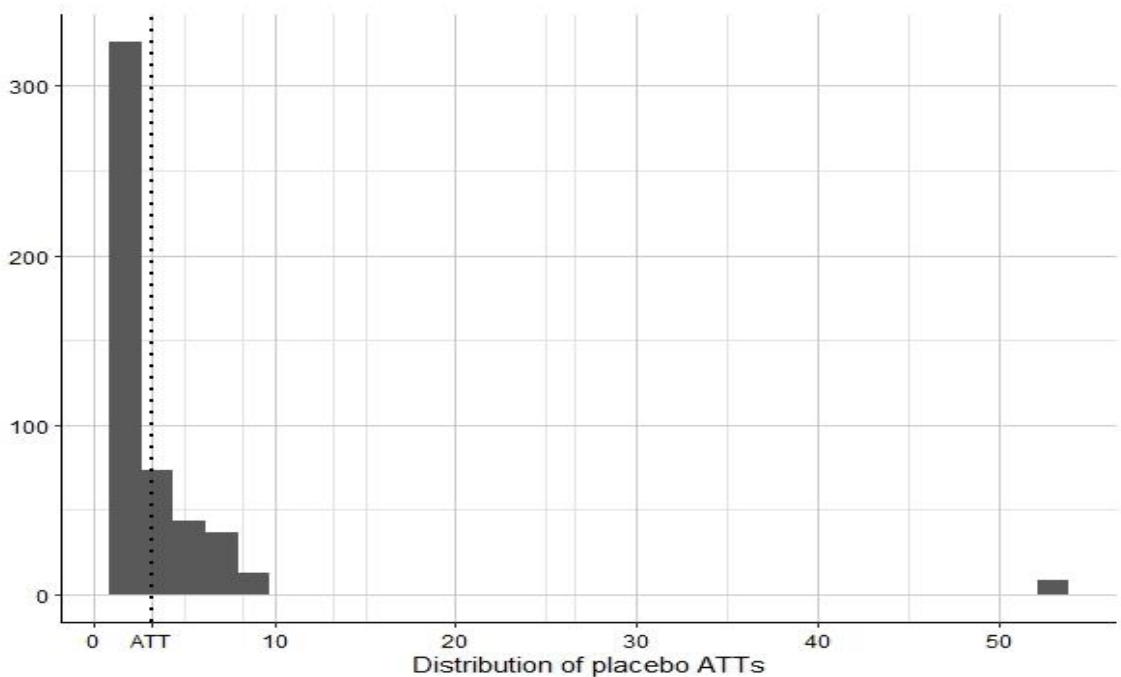


Gráfico 5.12 – Efeito médio do Tratamento – Nerópolis
 Fonte: Elaboração Própria

Em relação à unidade de tratamento Ouro Verde de Goiás, a seguir, apresentamos os resultados referentes à variável dependente VOLHPPCP, para qual também aceitamos a hipótese nula, conforme o p-value observado. No Gráfico 5.13, temos os resultados da comparação entre o Ouro Verde de Goiás Sintético e os dados reais do PPARJL.

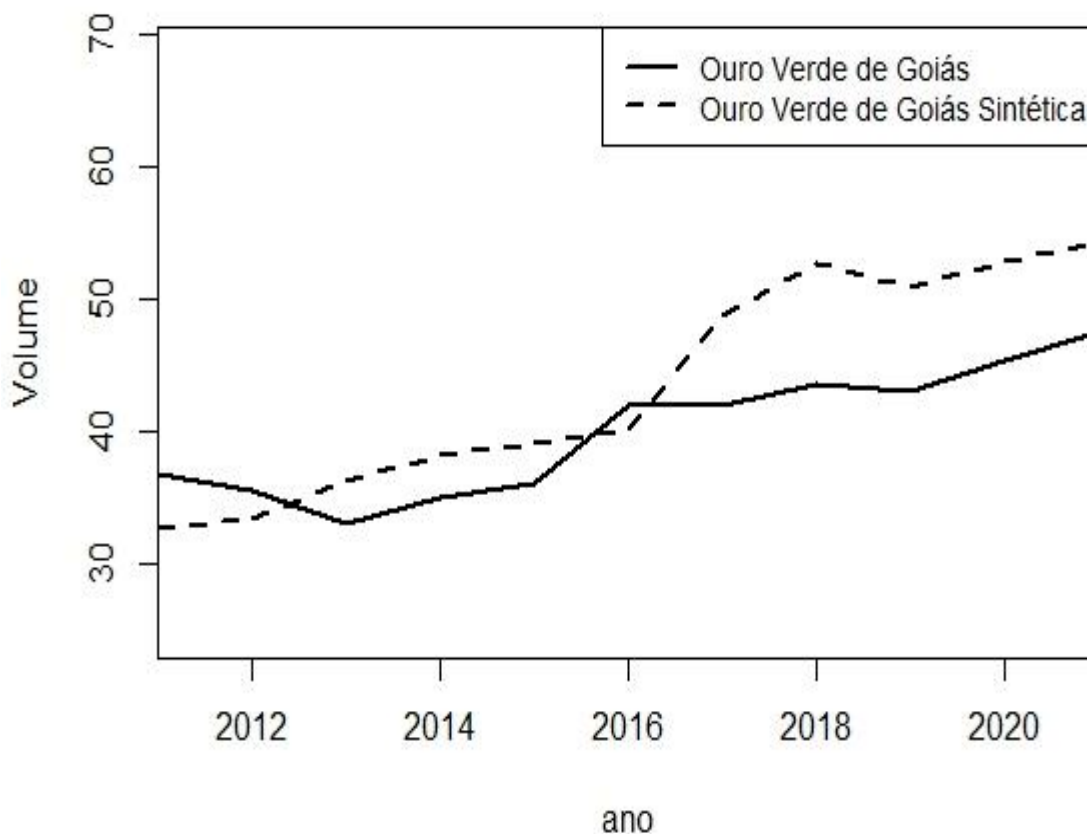


Gráfico 5.13 – Comparação de Resultados – Ouro Verde de Goiás e Ouro Verde de Goiás Sintético
Fonte: Elaboração Própria

Podemos notar que para esta unidade de tratamento também não houve um ajustamento perfeito antes da intervenção e que ocorreu um distanciamento após a data da intervenção. O resultado indica que houve uma redução no volume de água produzida por habitante, após a intervenção, o que indicaria a não efetividade do PPARJL.

No Gráfico 5.14, temos o resultado da diferença entre o volume de água produzida por habitante. Note que, durante o período pós-tratamento, o volume de água produzida por habitante apresenta um decréscimo considerável.

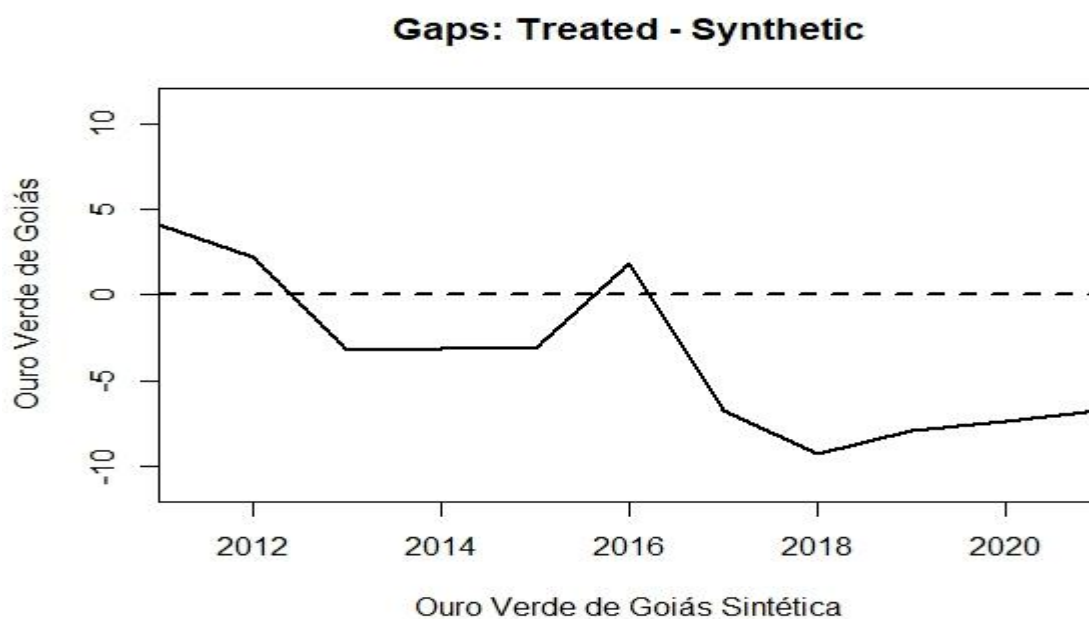


Gráfico 5.14 – Comparação de Resultados - Ouro Verde de Goiás e Ouro Verde de Goiás Sintético
 Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.15, seguimos com a realização do teste de permutação com a aplicação do método nos municípios (controles) selecionados, como se fossem a unidade de tratamento. Observamos que, similar à Nerópolis, temos menos municípios com resultados negativamente superiores ao resultado apresentado pela unidade de tratamento.

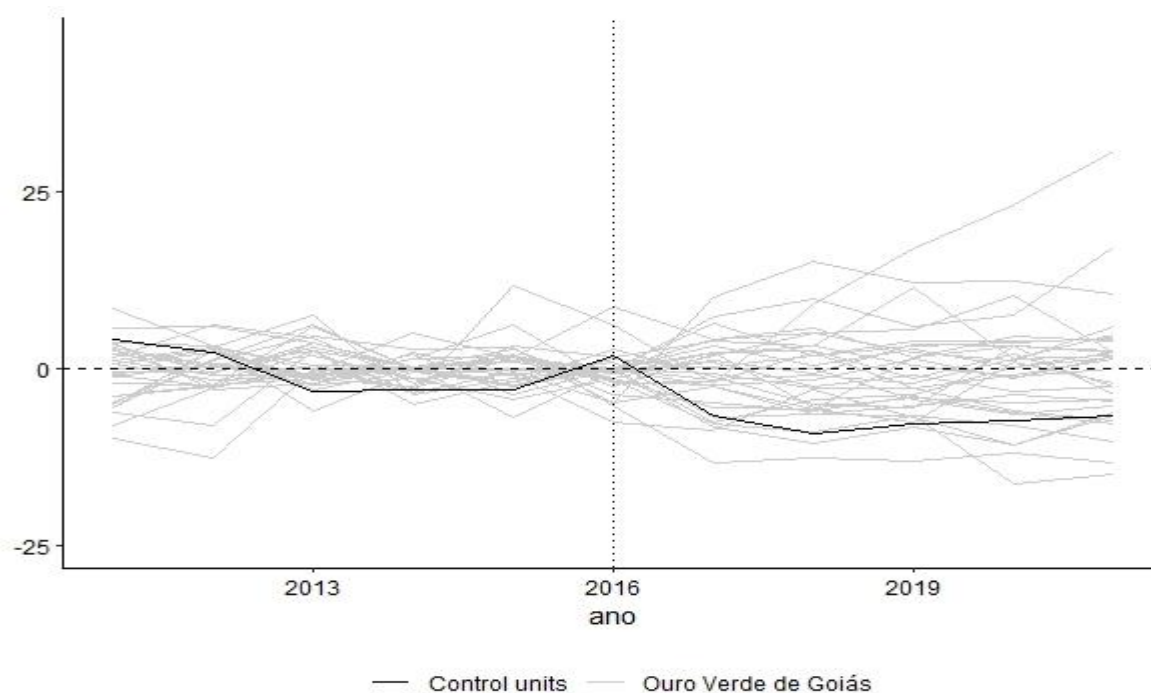


Gráfico 5.15 – Teste de Placebo – Ouro Verde de Goiás e Unidades de Controle
 Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.16, apresentamos a razão pós/pré MSPE, para Ouro Verde de Goiás e Placebos. Ouro Verde de Goiás se encontra em uma região um pouco acima da região central da distribuição. Isso significa que, caso a intervenção ocorresse de forma aleatória nos dados, a probabilidade de se obter uma razão pré/pós MSPE maior ou igual a de Ouro Verde de Goiás seria $14/32 = 0.43$, ou seja, o p value associado (Tabela 5.6). Nesta perspectiva, o efeito estimado do PPARJL não seria estatisticamente significativo a 5%.

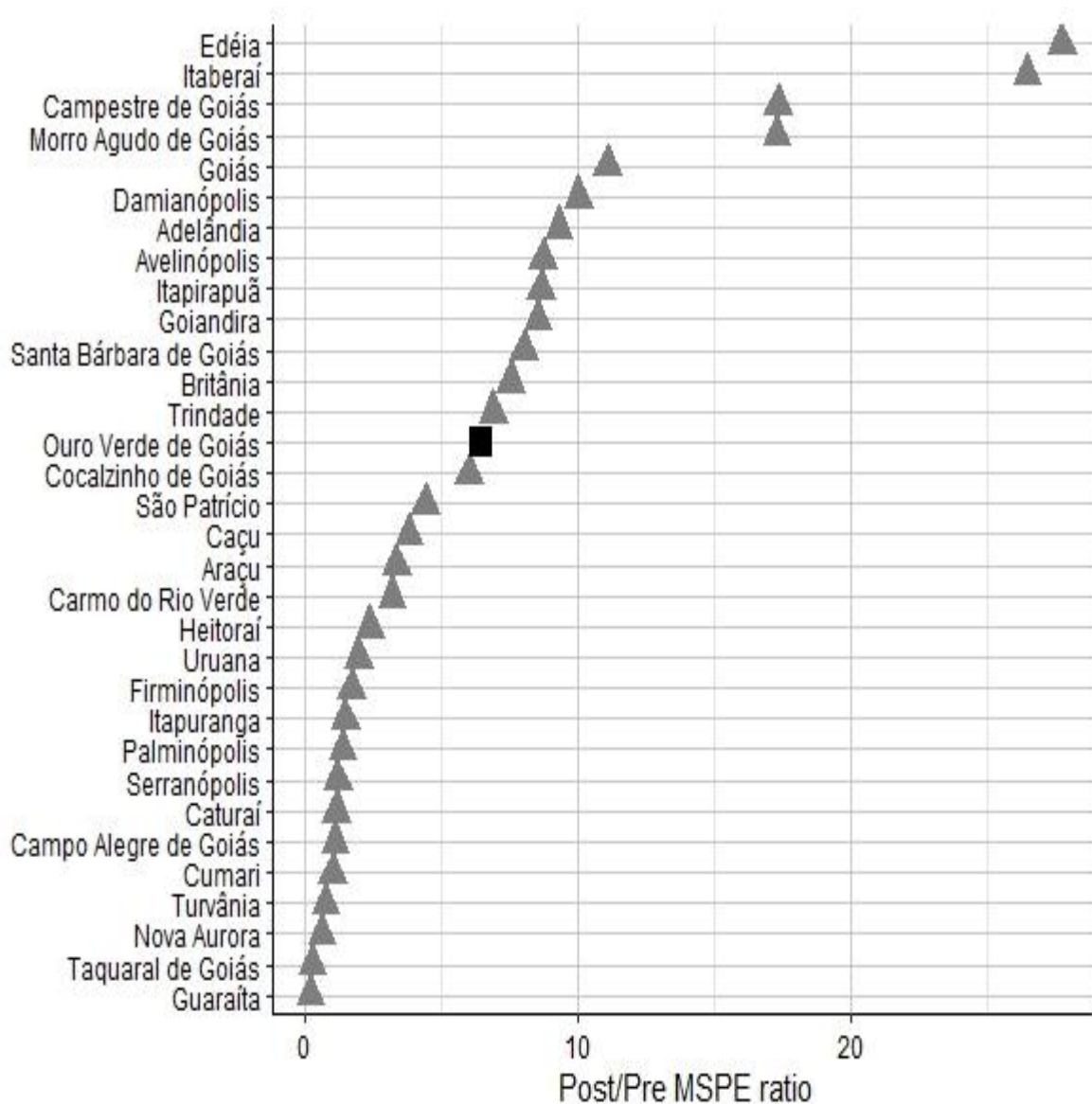


Gráfico 5.16 – Razão MSPE para Ouro Verde de Goiás e Placebos
 Fonte: Elaboração Própria

Os efeitos do tratamento para a unidade de tratamento Ouro Verde de Goiás podem ser observado no Gráfico 5.17, no qual temos que após a data de intervenção, 2017, houve um crescimento no volume de água produzida por habitante. No entanto, esse crescimento foi menor que a tendência apresentada no município sintético.

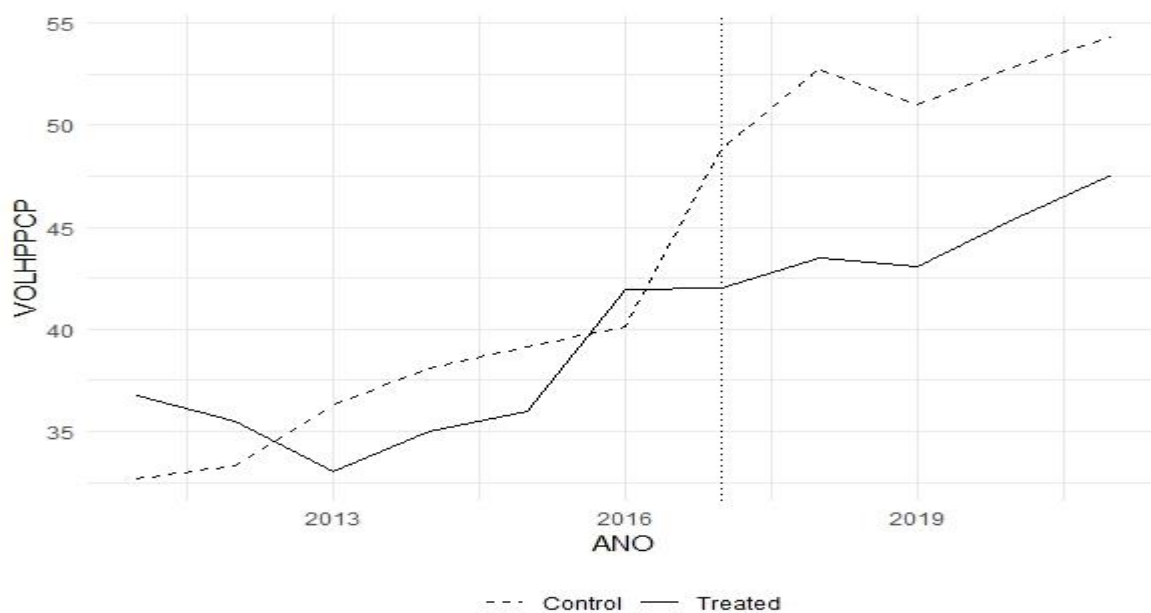


Gráfico 5.17 – Efeito do Tratamento – Ouro Verde de Goiás
 Fonte: Elaboração própria

No Gráfico 5.18, temos o efeito médio do PPARJL no município de tratamento e nos placebos. Da mesma forma que Anápolis e Nerópolis, Ouro Verde de Goiás apresenta o efeito do tratamento mais à esquerda, o que, mais uma vez, demonstra que o programa não apresentou efeitos satisfatórios.

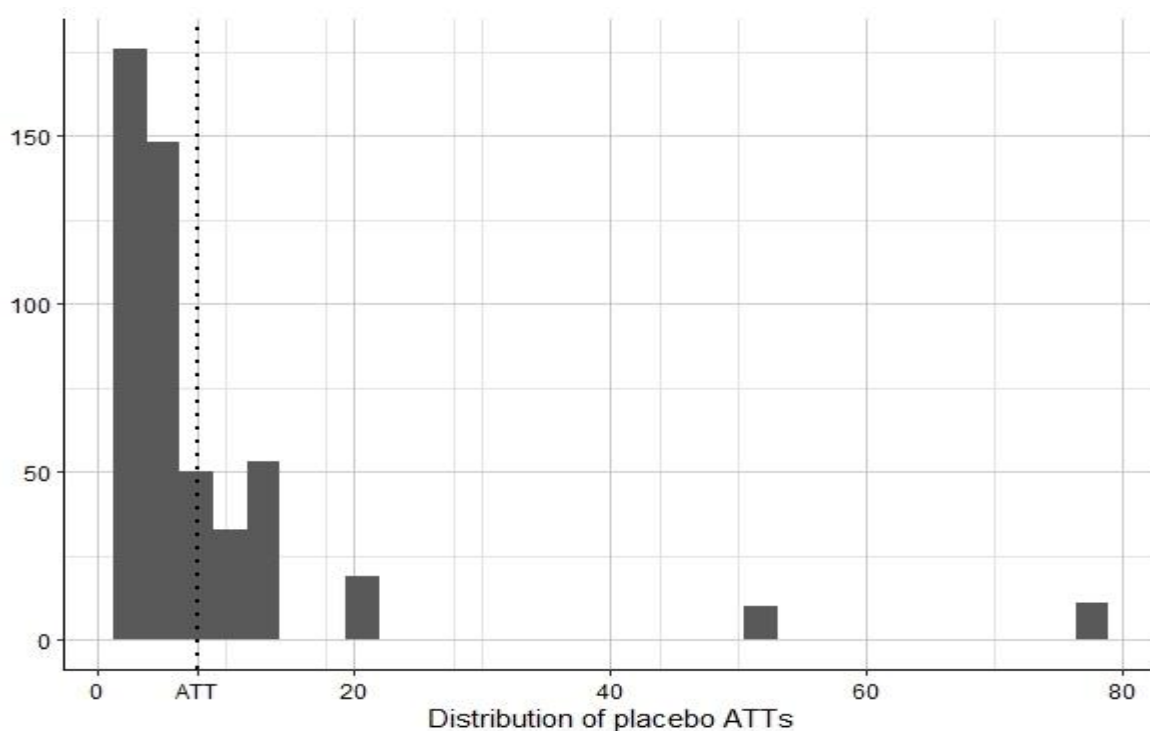


Gráfico 5.18 – Efeito médio do Tratamento – Ouro Verde de Goiás
 Fonte: Elaboração Própria

5.2. RESULTADO DO CONTROLE SINTÉTICO PARA O GRUPO DE TRATADOS

No desenvolvimento do estudo também aplicamos a análise considerando o grupo de tratados, no caso os 7 municípios que integram a Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. Para isso, utilizamos o comando `Multiple.synth`, constante do pacote `SCtools`, desenvolvido por Silva e Dewitt (2019). Este comando apresenta um conjunto de funções para estender as análises de controles sintéticos realizadas pelo pacote 'Synth'. Ele inclui geração e plotagem de placebos, testes e gráficos de significância e cálculo dos efeitos médios do tratamento para um conjunto de unidades tratadas. Aplicando o `Multiple.synth` podemos obter um histograma com reamostragem dos controles, para verificar se o efeito do tratamento (ATT) está bastante à direita da distribuição e para estimar o efeito de um grupo de tratados. Nesta perspectiva, os Gráficos a seguir nos reportam os resultados.

Para a variável `VOLHPPCP`, considerando o Grupo de Tratados, observando o Gráfico 5.19, temos que após a data de intervenção, 2017, o volume de água produzida por habitante apresentou um tendência de queda. Houve aumento do volume de água produzida por habitante após 2018, tendência de aumento que foi acompanhada pelas unidades de controle após 2019.

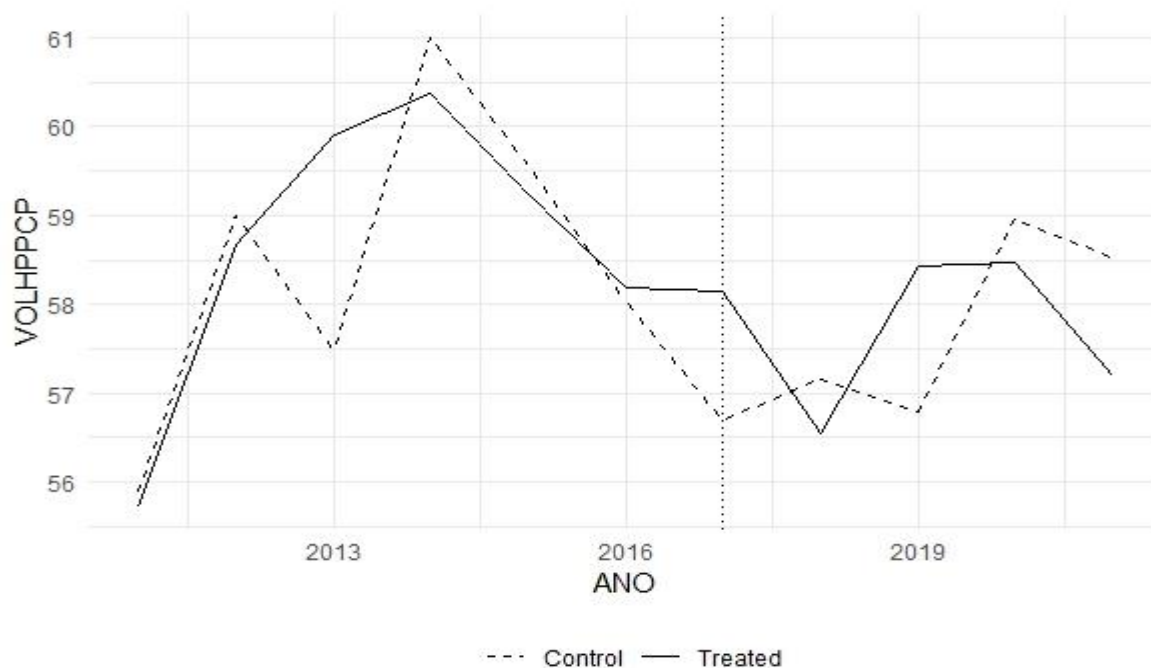


Gráfico 5.19 – Efeito do Tratamento – Grupo de Tratados (VOLHPPCP)
Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.20, temos o efeito médio do PPARJL para o Grupo de Tratamento e nos Placebos. O efeito do tratamento (ATT) mais à esquerda, revela que não houve efeito satisfatório com o PPARJL.

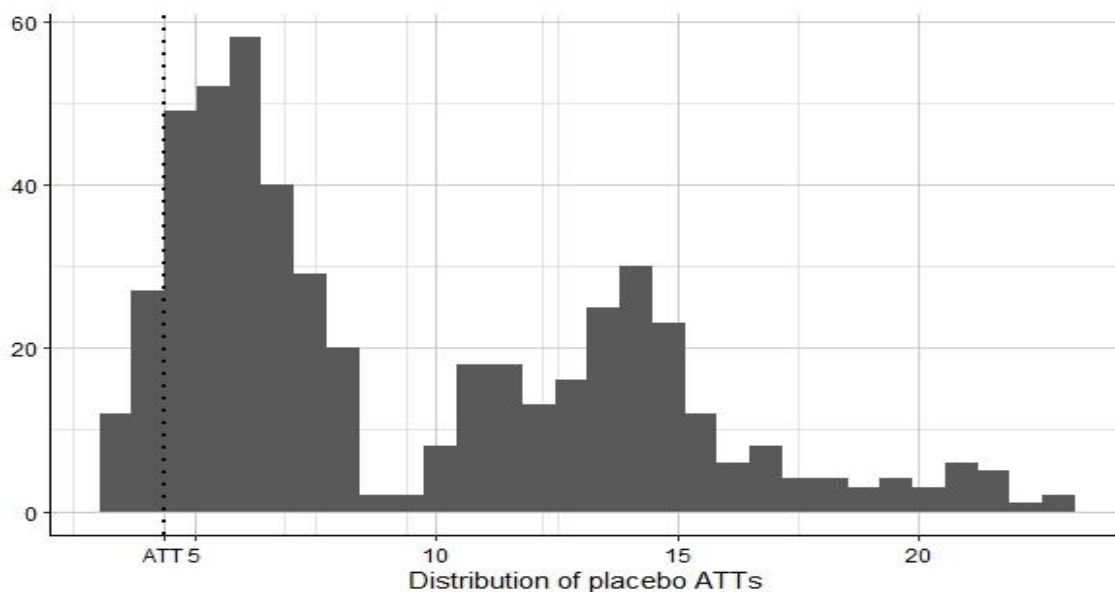


Gráfico 5.20 – Efeito médio do Tratamento – Grupo de Tratados (VOLHPPCP)
 Fonte: Elaboração Própria

Para a variável TURBOUT, considerando o Grupo de Tratados, observando o Gráfico 5.21, temos que após a data de intervenção, 2017, o número de amostras de turbidez fora do padrão apresentou um tendência de queda. Para o grupo de controle, houve uma tendência de aumento no número de amostras de turbidez fora do padrão após 2019.

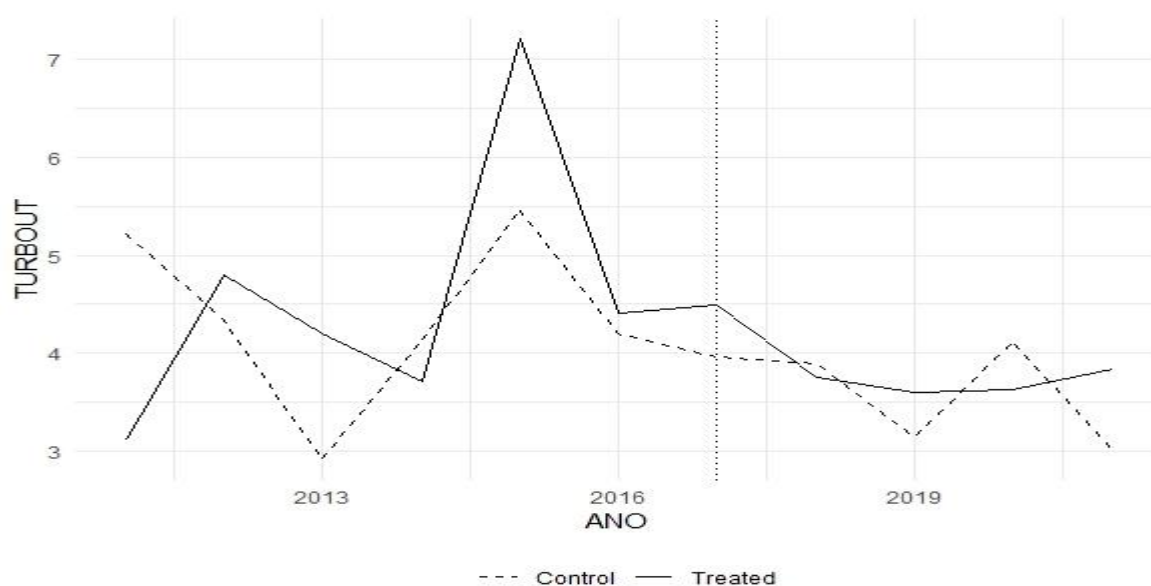


Gráfico 5.21 – Efeito do Tratamento – Grupo de Tratados (TURBOUT)
 Fonte: Elaboração Própria

No Gráfico 5.22, temos o efeito médio do PPARJL para o Grupo de Tratamento e nos Placebos. O efeito do tratamento (ATT) mais à esquerda, novamente, revela que não houve efeito satisfatório para o PPARJL.

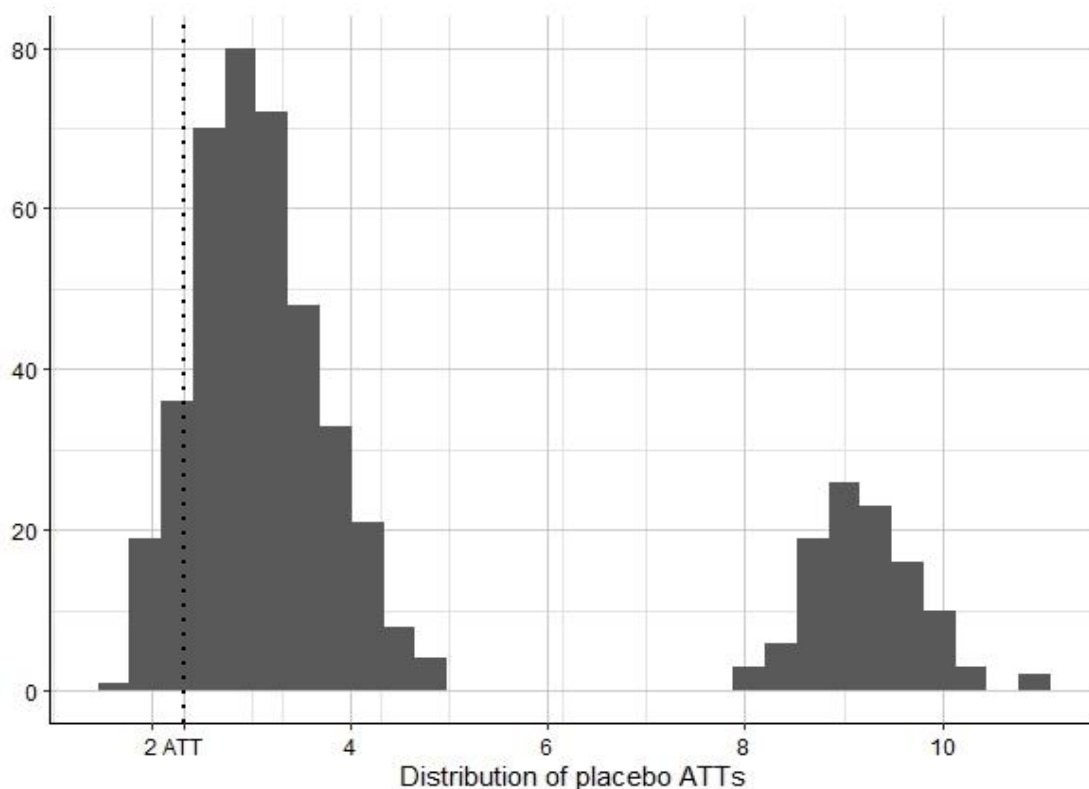


Gráfico 5.22 – Efeito médio do Tratamento – Grupo de Tratados (TURBOUT)
Fonte: Elaboração Própria

5.3. DISCUSSÕES

Diante dos resultados apresentados, importante considerar o que a literatura apresenta sobre a aplicação do método controle sintético e sobre a implementação de programas de PSA. Alves (2022), em seu estudo *Desastre de Mariana e Resultados Educacionais: Um Estudo de Evento*, com a aplicação do método controle sintético, verificou que, quando a análise se restringiu aos impactos sobre Mariana, não houve significância estatística no efeito estimado para a maioria dos indicadores educacionais avaliados, no entanto, quando a análise considerou o conjunto de municípios diretamente afetados, constatou-se significância estatística no efeito estimado sobre a maioria dos resultados educacionais examinados. Nesta perspectiva, vimos que os resultados obtidos com o controle sintético aplicado ao PPARL pode estar relacionado ao recorte espacial previamente definido. No presente caso o estudo

delimitou os municípios da bacia do RJL como unidades de tratamento. Considera-se importante um redelimitação que possa se retrair ao nível de propriedades, visto que pela dimensão do programa os efeitos podem ter se apresentado de forma local.

Canedo (2020), em seu estudo *Pagamento por Serviços Ambientais: Análise do Programa “Produtor de Água no Ribeirão João Leite”* relatou que Grima et al. (2016) analisou 40 (quarenta) casos de PSA na América Latina, considerando os de sucesso e os de insucesso. Para isso, utilizou um conjunto de critérios relacionados ao tipo de ecossistema, ao pacote de incentivos e compensação, às escalas espaciais e temporais, aos arranjos institucionais e modelos políticos, a fim de detectar os mais importantes fatores que contribuíram para o sucesso ou insucesso de tais programas. Desta análise, verificou-se a importância de se estabelecer mecanismos de aferição da melhoria da qualidade ambiental da microrregião onde o programa foi implantado, de modo a contribuir para a demonstração dos resultados do programa após a sua conclusão, ação necessária no PPARJ, para o qual foi firmado compromisso de se instalar estações de medição da turbidez e da vazão de água nos Córregos Bandeira e das Pedras, mas que se trata de ação ainda pendente no âmbito do programa (CANEDO, 2020). Importante destacar que o conhecimento das características ambientais da região, como critério na elaboração de programas dessa natureza, mostra-se relevante para definição dos prazos de monitoramento e avaliação dos resultados alcançados.

Jaime (2018), em seu estudo *Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite, Goiás: Diagnóstico e Percepção Ambiental na Sub-bacia do Córrego das Pedras, em Ouro Verde de Goiás, GO*, recomendou maior aproximação de programas como PPARJL com a comunidade acadêmica, com vistas a proporcionar o acompanhamento científico a longo prazo. Tal indicação é importante considerando que o programa pode levar um tempo maior para apresentar resultados detectáveis. Para ilustrar essa constatação, o Programa Mancial Vivo, desenvolvido na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, MS, fez projeções de resultados com ações de recuperação, conservação do PSA, no Guariroba, para um horizonte de 10 anos, em face das expectativas de adequação ambiental (CRISTALDO et al, 2012).

KLENZ et al (2012), ao discorrerem sobre o programa Produtor de água do rio Camboriú, Balneário Camboriú, SC, considerando o caráter pioneiro das iniciativas de PSA no Brasil, indicam que é fundamental o estabelecimento da linha de base e do adequado

monitoramento dos resultados alcançados em cada projeto e, para o caso específico de projetos de PSA relacionados à água, o monitoramento hidrológico das bacias hidrográficas nas quais se desenvolvem os projetos é pré-requisito fundamental para o acompanhamento da eficiência técnica das ações de conservação e de restauração empregadas e remuneradas aos proprietários beneficiados. Tal entendimento corrobora Canedo (2020) sobre a importância do estabelecimento de mecanismos de aferição da melhoria da qualidade ambiental da microrregião onde o programa foi implantado.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

No presente trabalho buscamos realizar uma avaliação dos efeitos da implementação do Programa Produtor de Água na Bacia do Ribeirão João Leite (PPARJL), por meio da aplicação do método econométrico de avaliação de políticas públicas Controle Sintético.

Neste contexto, buscamos entender o PPARJL, por meio de revisão de literatura sobre o assunto e, por se tratar de um projeto piloto de pagamento por serviços ambientais (PSA), implantado nas cidades de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás (AGUIAR, 2021), foi necessário entender o funcionamento deste instrumento econômico e sua importância para as ações de preservação e conservação ambiental.

Posteriormente, para avaliar a efetividade do PPARJL, foi importante definir o recorte espacial para aplicação do controle sintético. Apesar do programa ter sido implementado em 36 propriedades localizadas nos municípios de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás, estabelecemos como unidades de tratamento todos os municípios inseridos na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (RJL). Esta escolha decorreu do fato de que os dados coletos para o implementação do programa não se mostraram suficientes para aplicação do controle sintético e devido ao entendimento de que os impactos ambientais com a implementação do PPARJL não se restringiram apenas ao território dos dois municípios citados. Como unidades de controle, a princípio, foram escolhidos todos os municípios do Estado de Goiás que não estão inseridos na bacia do RJL, mas, no decorrer das análises, ocorreram dificuldades para realização do teste de placebos. Como solução aos problemas verificados, aplicamos um filtro para reduzir o número de controles. Assim, como unidades de controle, foram selecionados 33 (trinta e três) municípios goianos.

Na definição das variáveis de interesse (dependentes) e variáveis predictoras foram consideradas aquelas que refletem a capacidade de geração de riqueza, o nível de atividade econômica e a disponibilidade de recursos para investimentos, bem como, aquelas que representam as características ambientais e explicam os valores das variáveis de interesse. Além disso, foram selecionadas variáveis para atuarem como preditores especiais (Special Predictors), com o objetivo de melhorar a precisão das expectativas do efeito causal da política pública.

Os resultados obtidos com a aplicação do controle sintético indicam que não ocorreram efeitos significativos com o PPARJL. No entanto, destacamos que não foi observado significância estatística. Diante de tal fato, faz-se necessário elencar alguns aspectos que podem ter influenciado no resultado e que podem ser considerados para futuras inferências no processo de avaliação de políticas públicas com a aplicação da mesma metodologia.

Em primeiro lugar, entendemos ser importante que dados para programas implementados em nível de propriedades rurais sejam reportados no mesmo nível, ou para o conjunto de propriedades rurais ao longo de cada bacia hidrográfica. A razão para isso é que possíveis efeitos podem se perder quando as informações estão compiladas em um nível mais alto de agregação, ou seja, dados coletados em nível de município, para avaliação de ações em nível mais localizado, podem mascarar os possíveis efeitos da política pública. Abadie (2021), no seu artigo *Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects*, expôs que “pequenas” intervenções podem ser de difícil detecção e que mesmo um grande efeito pode ser difícil de detectar se existir grande volatilidade do resultado.

Outro aspecto importante que pode influenciar no resultado da avaliação da política por meio do Controle Sintético é o fato de que algumas intervenções podem levar tempo para emergir ou apresentar magnitude suficiente para ser quantitativamente detectada nos dados (ABADIE, 2021). Vasconcelos et al (2013), no estudo *Nitrogênio, Carbono e Compactação do Solo como Fatores Limitantes do Processo de Recuperação de Matas Ciliares*, expôs que a recuperação de áreas de floresta, principalmente de matas ciliares, tornou-se fator-chave para a adequação ambiental da agricultura, com o propósito de proteger os recursos hídricos e a biota, entretanto, o cultivo agrícola tradicional, além de ter alterado a ciclagem de nutrientes, com a perda de matéria orgânica, biomassa e atividade microbiana, causou também a compactação do solo, o que influencia a posterior implantação de reflorestamentos. Assim,

ainda que a melhoria na qualidade e quantidade da água possa ser observada em um período de tempo relativamente curto, geralmente entre um e três anos após a implementação das ações de conservação, a magnitude dessa melhoria também depende da intensidade e da continuidade das ações de conservação, bem como das características ambientais da bacia hidrográfica em questão. Conforme o item 4.1, a bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite apresenta um índice de 73% da sua área total natural convertida para uso antrópico, predominando as áreas de pastagem, com cerca de 59%. É fato que esse uso da terra promove degradação e compactação do solo e o prazo para recuperação dessas áreas pode variar de 5 a 20 anos, considerando a situação dos atributos do solo (físicos, químicos e microbiológicos) e o teor de Carbono, Nitrogênio, Fósforo (VASCONCELOS et al, 2013).

Diante dos aspectos apresentados, podemos definir recomendações para elaboração de programas similares ao PPARJL. Primeiramente, faz-se necessária a atenção à coleta de dados que contemplem informações econômicas, sociais e ambientais das áreas que serão diretamente impactadas pelo programa. A coleta de dados também deve contemplar as áreas inseridas na região, mas que não serão impactadas ou que não participarão do programa, isso para que a avaliação da política pública, sobretudo com aplicação do Controle Sintético, possa ser realizada no mesmo nível de agregação do programa. Conforme apresentado no estudo, é importante que as variáveis contemplem informações, dentro de uma série histórica, sobre geração de riqueza, rendimento e produtividade, pois estas informações proporcionam a aproximação das características das unidades de controle à unidade de tratamento, na formação da unidade sintética. Em resumo, torna-se importante que, no desenvolvimento de programas similares, os dados sejam reportados ao nível das propriedades participantes e que tais informações sejam tanto das propriedades rurais participantes como das propriedades não participantes, para melhor definição do contrafactual.

No que se refere às variáveis ambientais, podemos recomendar que, na fase de planejamento e elaboração do programa, seja realizado amplo estudo sobre as características ambientais da região, relacionados à composição do solo, à tipologia da vegetação, regime hidrológico e pluviométrico, dentre outros. Esta ação é imprescindível para definição do prazo de implementação do programa e conhecimento sobre o tempo em que os resultados começam a ser quantitativamente detectados. Isso contribuirá para definição dos indicadores, planejamento das medidas de monitoramento e de avaliação do programa.

Visto que no PPARJL ficou consignado o prazo de 5 (cinco) anos para promoção das ações de recuperação de áreas de preservação permanente e recuperação de pastagem, a coleta de informações adequadas, as características ambientais da região e o período das intervenções podem influenciar na detecção dos efeitos do programa. Dessa forma, é importante o fortalecimento da capacidade de monitoramento e avaliação da implementação do programa e a continuidade das ações para garantir a manutenção dos serviços ambientais prestados ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, A. Using Synthetic Controls: Feasibility, Data Requirements, and Methodological Aspects. **Journal of Economic Literature**, 59(2), 391–425, 2021, Disponível em: <https://doi.org/10.1257/jel.20191450>

AGUIAR, D. L. S. **Análise da Implementação do PSA do Ribeirão João Leite no Estado de Goiás**. 31º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Curitiba, PR, 2021.

ALVES, V. O. **Desastre de Mariana e Resultados Educacionais: Um Estudo de Evento**. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Economia. Universidade de Brasília - UNB, Brasília, DF, 2022.

ÁVILA, E. S., DINIZ, E. M. **Evidências Sobre Curva Ambiental de Kuznets e Convergência das Emissões**. Estudos Econômicos, São Paulo, vol.45, n.1, p. 97-126, jan.-mar. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0101-4161201545197ese>. Acesso em 25 jun. 2023.

CANEDO, L. F. T. **Pagamento por Serviços Ambientais: Análise do Programa “Produtor de Água no Ribeirão João Leite”**. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiânia, GO, 2020.

COSTANZA, R., D’ARGE, R., DE GROOT, R.S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O’NEILL, R.V., PARUEL, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M.. The value of the world’s ecosystem service and natural capital. **Revista Nature**, 387, 253–260, 1997.

CRISTALDO A.M., NAME, D. G. M., MARTINS, I. P., MEIRA, M. A.A. **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil.** São Paulo/SP, Secretaria de Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

FERNANDES, D. S. **Avaliação de Impacto da Mudança no Controle de Atos de Concentração pelo CADE: Uma Abordagem por Controle Sintético.** Dissertação (Mestrado Profissional) Pós-Graduação em Economia, Políticas Públicas e Desenvolvimento. Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa – IDP, Brasília, DF, 2022.

FIRPO, S. POSSEBOM, V. Synthetic Control Method: Inference, Sensitivity Analysis and Condone Sets. **Journal of Causal Inference**, vol. 6, edição 2, 26, 2018.

JAIME, M. A. S. **Programa Produtor de Água do Ribeirão João Leite: Diagnóstico e Percepção Ambiental na Sub-bacia do Córrego das Pedras, em Ouro Verde de Goiás.** Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Centro Universitário de Anápolis – Uni EVANGÉLICA, Anápolis, GO, 2018.

KLEMZ, C., DACOL, K. C., ZIMERMAN, P., NAYARA, J., VEIGA, F., DIEDERICHSEN, A. **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil.** São Paulo/SP, Secretaria de Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

MAPBIOMAS, 2019. Disponível em: <https://mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em 31 jan. 2023.

MULLER, C.C. **Os Economistas e as Inter-relações entre o Sistema Econômico e o Meio-Ambiente.** Departamento de Economia da Universidade de Brasília – UNB, Brasília, DF, Programa Pronex, NEPAMA, ECO-UnB, 2004.

OLIVEIRA, W. N.; RIBEIRO, H. J.; FERREIRA, N.C.; SIQUEIRA, R. V.; OLIVEIRA. V. T. Simulação Hidrossedimentológica da Bacia Hidrográfica e do Reservatório de Abastecimento do Ribeirão João Leite, Utilizando o Modelo SWAT. **Revista Geociências**, UNESP, v. 40, n. 3, p. 695 - 708, São Paulo, 2021.

OUVERNEY, I. R.; MOTTA, R. S.; ORTIZ, R. A.; COELHO, P. S.; Condicionantes da Disposição de Participar e Aceitar Pagamentos por Serviços Ambientais: Um Estudo de Caso no Brasil. **Revista de Economia Contemporânea**, 21(3): p. 1-27, 2017; **Journal of**

Contemporary Economics, ISSN 1980-5527, Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/198055272134> e location - e172134, www.ie.ufrj.br/revista www.scielo.br/rec.

PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil**. São Paulo/SP, Secretaria de Meio Ambiente/Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2013.

PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS GOIANOS. **Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) de Goiás**. https://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=218, 2018. Acesso em 31 jan. 2023.

PORTAL DO SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS – SNIRH. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA**. <https://www.snirh.gov.br/gestorpcd>, 2017. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/>. Acesso em: 31 jan. 2023.

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A. **Contrato de Prestação de Serviço nº 116**, 25 de janeiro de 2017; Prestação de serviços Ambientais – Projeto Produtor de Água – Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite – Goiânia – Goiás, fazenda Sapato Arcado, Ouro Verde, Goiás.

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A, **Edital de chamamento público para credenciamento nº 01/2015-DIPROSANEAGO**. Goiânia, GO, 2015.

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A, **Relatório de Sustentabilidade**. Goiânia, GO, 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional**. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>, 2022. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em : 31 jan. 2023.

SIQUEIRA, J. D. P., ULANDOWSKI, L. K. M. A., SCUPINO, M. C. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do João Leite**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. 2019.

SOARES, M.; PASISHNYK, N.; LIBÂNIO, J.; ALVES, L. A.; GOUVEIA, I. **Produto 2: Inventário de Instrumentos Econômicos**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás – SEMARH. Projeto Cerrado Sustentável Goiás, Goiânia, GO, 2012.

VASCONCELLOS, R. L. F.; BINI, D.; PAULA, A. M.; ANDRADE, J. B.; CARDOSO, E. J. B. N. Nitrogênio, Carbono e Compactação do Solo como Fatores Limitantes do Processo de Recuperação de Matas Ciliares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo, Volume: 37, Número: 6, 2013.**