

GIOVANNA DE LIMA SILVA

**OS IMPACTOS DO PROINFA NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DO
EFEITO ESTUFA: UMA AVALIAÇÃO SOBRE EXTERNALIDADES**

Monografia apresentada ao Curso de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Menon Simões Moita

Coordenador: Prof. Dr. Luís Eduardo Negrão Meloni

SÃO PAULO

2022

GIOVANNA DE LIMA SILVA

**OS IMPACTOS DO PROINFA NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DO
EFEITO ESTUFA: UMA AVALIAÇÃO SOBRE EXTERNALIDADES**

Monografia apresentada ao Curso de Economia da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Menon Simões Moita

Coordenador: Prof. Dr. Luís Eduardo Negrão Meloni

SÃO PAULO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

De Lima Silva, Giovanna

Os Impactos do Proinfa na Mitigação de Emissões de Gases do Efeito Estufa: Uma Avaliação Sobre Externalidades – São Paulo, 2022.

66 páginas

Área de concentração: Economia do Meio Ambiente, Economia da Energia

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Menon Simões Moita

Monografia de Conclusão de Curso – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária da Universidade de São Paulo (FEA USP)

1. Setor elétrico; 2. Mudanças climáticas; 3. Diferenças em Diferenças

Dedico esta monografia aos meus pais, Eliete e Gelson, por terem me proporcionado a oportunidade de priorizar meus estudos. E à minha irmã, Jennifer, por ter aberto este caminho para que eu também pudesse atravessá-lo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor-orientador Rodrigo Menon Simões Moita, pelo suporte e pela disposição em cooperar com a entrega deste trabalho.

Aos demais professores e mestres, por todo o conhecimento adquirido e pela paciência ao longo dos últimos anos.

Aos meus amigos e amigas pelo apoio, pelas puxadas de orelha e por dedicarem tanta confiança em mim.

À equipe de Seeds Business Services da BASF, por ter acompanhado de perto as etapas dessa monografia e por ter prestigiado comigo cada vitória alcançada.

E ao Cursinho FEAUSP, por ter mantido acesa a minha paixão pela educação ao longo dos cinco anos de graduação.

“A educação é o poder das mulheres.”

Malala Yousafzai.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS	V
RESUMO.....	VI
1 INTRODUÇÃO	4
1.1 INTRODUÇÃO	4
1.2 OBJETIVO.....	7
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 O SETOR ENERGÉTICO.....	9
2.1.1 O setor energético e as mudanças climáticas	11
2.2 O CONTEXTO ENERGÉTICO E ELÉTRICO DO BRASIL.....	14
2.3 OS COMPROMISSOS AMBIENTAIS ASSUMIDOS PELO BRASIL	17
2.4 O PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (PROINFA)	20
2.4.1 Histórico do PROINFA.....	20
2.4.2 Resultados do PROINFA.....	23
2.5 IMPACTO LOCAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO SETOR ENERGÉTICO E EXTERNALIDADES	24
3 METODOLOGIA	28
3.1 DADOS.....	28
3.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA	29
3.2.1 Diferenças em Diferenças	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	42

LISTA DE FIGURAS

FIGURA I – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL POR FONTE (2021)	6
FIGURA II – GERAÇÃO DE ENERGIA EM EXAJOULES POR FONTE (2000-2021)	11
FIGURA III – 10 PAÍSES QUE MAIS GERARAM ENERGIA RENOVÁVEL EM 2021	14
FIGURA IV – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL (2021)	15
FIGURA V – CONSUMO DE ENERGIA POR SETOR PRODUTIVO NO BRASIL (2020).....	17
FIGURA VI – EVOLUÇÃO DE EMISSÕES BRUTAS DE GEE NO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO (2000-2021)	19
FIGURA VII – BOLETIM DO PROINFA Nº 198 (08/2022)	22

LISTA DE TABELAS

TABELA I – TABELA DE VARIÁVEIS A SEREM UTILIZADAS NA ESTRATÉGIA EMPÍRICA DO TRABALHO	29
TABELA II - IMPACTOS NOS MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELO PROINFA SOBRE OS NÍVEIS DE EMISSÕES DE GEE (2001-2010).....	33

RESUMO

OS IMPACTOS DO PROINFA NA MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA: UMA AVALIAÇÃO SOBRE EXTERNALIDADES

O presente estudo pretende, através de pesquisa teórica e do desenvolvimento de um modelo econométrico de diferenças em diferenças, analisar os impactos econômicos, sociais e ambientais e possíveis externalidades atreladas à instituição do programa PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) à nível local, principalmente no que tange à mitigação de emissões de gases do efeito estufa no país. A partir dos resultados obtidos e com base no levantamento bibliográfico e no cenário atual do país, busca-se também traçar as influências do programa sobre o comprometimento do setor energético brasileiro em seus compromissos ambientais globais, como sua mais recente NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada).

Palavras-chave: Setor elétrico; Mudanças climáticas; Diferenças em Diferenças.

Classificação JEL: D62, O38, Q42, Q54

Abstract

THE IMPACTS OF PROINFA ON THE MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS: AN ASSESSMENT ON THE NDC HORIZON

The present study intends, through theoretical research and the development of an econometric model of differences in differences, to analyze the economic, social and environmental impacts and possible externalities linked to the institution of the PROINFA program (Program for Incentive to Alternative Sources of Electric Energy) to the local level, mainly with regard to the mitigation of greenhouse gas emissions in the country. From the results obtained and based on the bibliographic survey and the current scenario of the country, it is also sought to trace the influences of the program on the commitment of the Brazilian energy sector in its global environmental commitments, such as its most recent NDC (National Determined Contribution).

Key words: Electric sector; Climate change; Differences-in-Differences.

JEL Classification: D62, O38, Q42, Q54

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

Os fatores de crescente preocupação no cenário atual quando se trata sobre o tema de mudanças climáticas induzidas pelo homem não se resumem exclusivamente às consequências advindas das citadas mudanças, mas também do quão irreversível o impacto humano pode ser para a situação da vida no planeta Terra. O efeito estufa adicionado, por exemplo, grande responsável pelas mudanças já percebidas na atmosfera terrestre, tem como principais causadores os chamados gases de efeito estufa, destacando-se o gás carbônico. A concentração deste composto é um dos fatores de maior atenção no debate global, justamente pela sua capacidade de irreversibilidade: as mudanças climáticas decorridas do aumento na concentração de gás carbônico podem ser irreversíveis por um período de até 1.000 anos após o cessamento das emissões (SOLOMON et al., 2008).

Entre os cenários que apresentam risco de se tornarem inconversíveis, tem-se o mais conhecido aquecimento atmosférico, mas também outros impactos de relevância ímpar, como as mudanças nos índices globais de precipitação e o aumento do nível do mar ao redor do globo. No debate referente aos níveis de emissões, o setor energético ocupa posição de grande destaque (SEEG, 2021), em muito devido à queima de combustíveis induzida na produção de energia através de fontes não renováveis, como a queima de óleo diesel, gasolina automotiva e gás natural seco, o que coopera e muito para que este setor seja um importante campo de pesquisas econômicas, além de estar presente de forma ativa em medidas, políticas, estratégias e planejamentos nacionais e globais que visam, por exemplo, a diversificação da matriz energética dos países, incentivando a transição para fontes renováveis de energia.

Isso posto, e também em vista da relevância indiscutível do tema das mudanças climáticas para a manutenção da vida na Terra, medidas, políticas, estratégias e planejamentos nacionais e globais que visem a mitigação, adaptação e a redução do impacto da ação humana, têm se tornado mais comuns e também intensamente cobrados pela sociedade e por organizações governamentais – com destaque para a ONU, sendo a Ação Contra a Mudança Global do Clima, um de

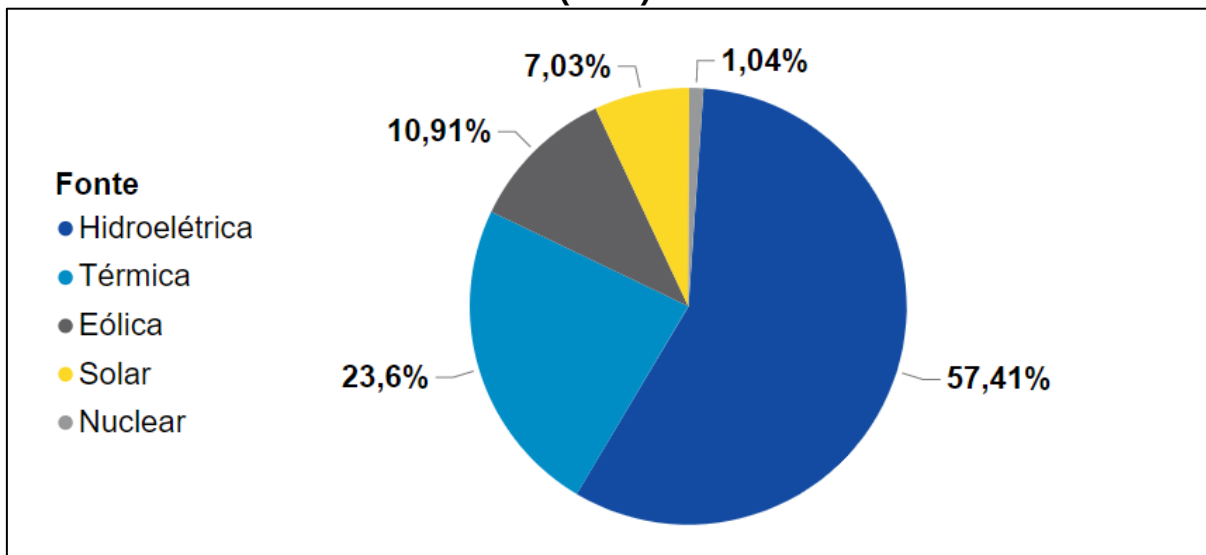
seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Setores como o energético e o agropecuário apresentam-se, portanto, como alvos importantes para essas medidas, dada a maneira como se destacam negativamente no cenário.

Neste contexto, o Brasil possui, entre suas responsabilidades ambientais estipuladas e definidas por acordos internacionais ou por iniciativa do governo, a NDC, sigla em inglês para “Nationally Determined Contribution”, Contribuição Nacionalmente Determinada, em tradução para o português, nome dado aos compromissos voluntários adotados pelos países signatários do Acordo de Paris em função da meta global de redução de emissões de gases do efeito estufa. Em sua versão atualizada em março de 2022, a NDC brasileira estabelece uma série de metas relacionadas às emissões a serem alcançadas até 2025 ou até 2030, com base no cenário do ano de 2005, tendo o setor energético acentuado protagonismo. Entre os objetivos estipulados, tem-se a mitigação de emissões de 37% até 2025 e 43% até 2030, incluindo metas de energia de baixo carbono, como por exemplo, 45% da energia fornecida do país ser originada de fontes renováveis até 2030, expandir a participação de hidrelétricas na matriz energética do país para 23% até 2030 e alcançar 10% de ganho em eficiência no setor elétrico até 2030.

Embora o setor energético brasileiro disponha de variadas fontes, de indistinta riqueza de matéria-prima e de grande capacidade de produção em larga escala, para que sejam cumpridas as metas estabelecidas em sua NDC para o setor, ainda são necessários avanços nos âmbitos citados no parágrafo anterior. Políticas públicas voltadas à eficiência energética e à diversificação da matriz energética brasileira não são novidade para o país, como comprova o PROINFA, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. Criado pelo governo em 2002 (Lei nº 10.438/2002) com o objetivo de incentivar a expansão do uso de fontes alternativas de energia elétrica, em que predomina a participação de hidroelétricas e termelétricas, como é possível observar na Figura 1. Embora não atue com a mesma intensidade na emissão de gases de efeito estufa que as usinas térmicas e embora apresente a seu favor o fato de consistir em uma fonte de energia limpa e renovável, a produção de energia elétrica através de hidrelétricas demanda investimentos robustos e esforços consideráveis para sua implantação, além de oferecer riscos ambientais como o alagamento de áreas e represamento das águas

e também estar suscetível a períodos de queda na produção de energia, devido a períodos de estiagem e baixo volume de água nos reservatórios. (NETO, 2012).

FIGURA I – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL POR FONTE (2021)



Fonte: SIE (2022). Elaborado pela autora (2022).

Isso posto, o PROINFA busca promover a diversificação de fontes de energia elétrica renovável no Brasil, com maior destaque para as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), para as usinas eólicas, e para as usinas térmicas a biomassa. O objetivo de que estas fontes conquistem maiores parcelas da matriz energética do país corrobora com algumas das metas estabelecidas pela NDC brasileira e voltadas ao setor energético, com destaque para aquelas que apontam para uma matriz mais renovável e menos poluente.

A partir da conjectura dos pontos apresentados até o presente momento, bem como da inegável relevância do assunto, este trabalho tem como objetivo, através de um modelo de Diferenças em Diferenças, identificar o impacto local da implementação do PROINFA no Brasil, buscando averiguar a existência de externalidades positivas relacionadas à mitigação dos níveis municipais de emissões de GEE. Além disso, o projeto também coopera de forma crítica na análise da efetividade do programa e nos resultados até hoje por ele alcançados – nos âmbitos ambiental, socioeconômico e energético –, a fim de traçar o perfil de relevância do PROINFA para o Brasil frente aos desafios enfrentados na busca pelo cumprimento

de seus compromissos ambientais globais, como as Contribuições Nacionalmente Acordadas que o país intenciona cumprir até o ano de 2030.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho busca contribuir com a literatura sobre a avaliação de políticas públicas voltadas ao setor energético, porém somando à esta análise uma abordagem econômica ainda pouco utilizada, além de relacionar os resultados obtidos com um objetivo nacional e de grande relevância: a NDC.

Este trabalho objetiva avaliar:

1. a importância do PROINFA como programa de diversificação da matriz elétrica brasileira;
2. o impacto do PROINFA nos níveis de emissões de GEE nos municípios brasileiros, bem como outros reflexos socio-econômicos;
3. a relevância do PROINFA diante dos compromissos ambientais assumidos pelo Brasil.

REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O SETOR ENERGÉTICO

Presente nas mais variadas formas e nos mais variados setores, contextos e atividades, a energia foi, e segue sendo, um recurso de ímpar relevância ao desenvolvimento humano ao longo dos séculos, em aspectos que vão do econômico ao bem-estar social. Como apontam Cardoso e Nogueira (2007), a evolução da matriz energética das sociedades humanas acompanhou a evolução da própria raça humana, que, através de importantes avanços tecnológicos, veio revolucionando as formas de obter-se energia: na Revolução Agrícola, há 12 mil anos, com a utilização da tração animal, da força dos ventos e das quedas d'água; no Império Romano, de 31 a.C. a 410 d.C., com o uso da lenha; na China, na mesma época, com grandes avanços de cunho hidráulico.

Apesar da possibilidade de citar-se diversos avanços ao longo dos séculos, é apenas na Revolução Industrial, entre os séculos XVIII e XIX, que ocorreram os progressos que de fato definiriam o rumo da indústria energética a moldes similares aos que esta apresenta hoje. A chave para os ditos incrementos consistia na exploração de diferentes recursos energéticos, ainda pouco – ou nada – explorados na época, como o carvão mineral, entre outros combustíveis fósseis, revolucionando, então, a forma como as sociedades se locomoviam, produziam e geravam energia elétrica. (CARDOSO E NOGUEIRA, 2007).

Nesse sentido, Cunha e Prates (2005), apontam um aspecto característico do setor energético desde os tempos remotos: a propensão deste em seguir determinadas tendências que levam a dominação de um ou mais modelos energéticos à frente dos demais. Passada a época de protagonismo do carvão mineral, os derivados do petróleo, ao final do século XIX, foram os responsáveis por fazerem desse recurso a fonte de energia dominante do século XX.

Entretanto, a principal característica do composto – o fato de ser um recurso esgotável –, deu origem a um fenômeno denominado “pico do petróleo”, explicado por geólogos como o desequilíbrio entre a produção e as descobertas de reservas, levando a um contexto, já nos anos 1980, em que havia no mundo mais petróleo sendo usado do que descoberto. (SACHS, 2007)

Além disso, devido a outras características próprias do composto e de outros fatores geopolíticos que permeiam a existência do petróleo como recurso comercializado, logo estavam sendo buscadas novas alternativas de fontes de energia que pudessem suprir a demanda crescente. Neste contexto é que ganha força a energia nuclear, cujos custos tecnológicos e de desenvolvimento logo mostraram-se como uma barreira para uma maior capilaridade, além de outros problemas inerentes à fonte, como os grandes riscos a ela atrelados.

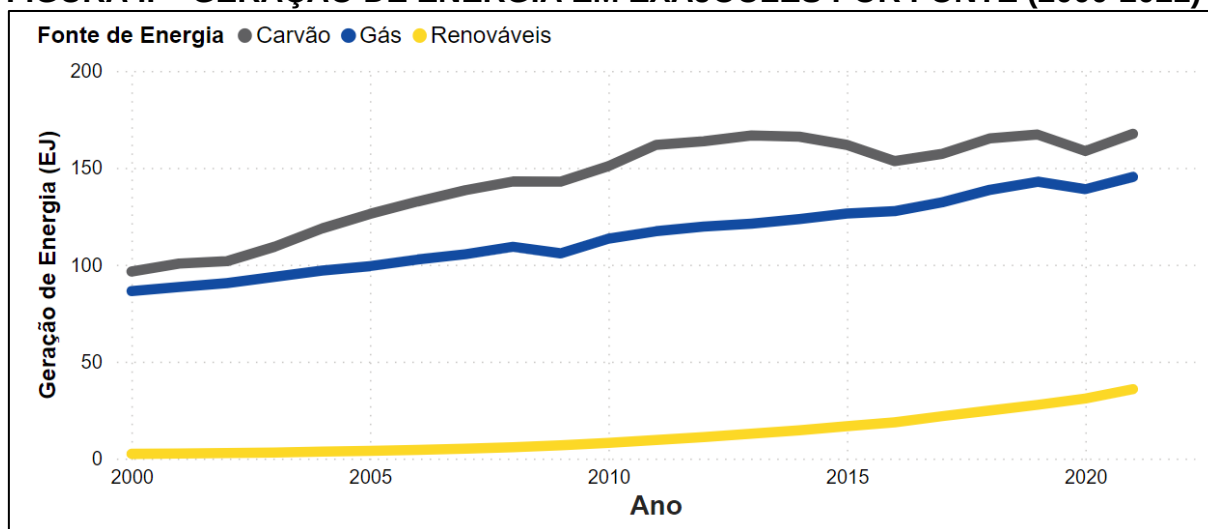
Com o esgotamento acelerado das reservas de petróleo e das dificuldades enfrentadas por outros modelos energéticos, por volta da década de 70, diferentes medidas foram adotadas pelos países em prol da absorção do aumento da demanda impulsionado pelos altos níveis de consumo. Mudanças nos comportamentos de consumo, ascensão de outras fontes de energia, inovações tecnológicas e progresso técnico foram algumas das estratégias assumidas pelas economias ao redor do globo. Nesse contexto, ganha força no Brasil a energia hidráulica e o próprio etanol, como substitutos do petróleo e seus derivados. (CUNHA E PRATES, 2005).

Entretanto, o uso em larga escala de combustíveis fósseis promovido ao longo do século XX e sustentado até o início do século XXI não teve seus reflexos reservados e exclusivos à esfera do esgotamento destes recursos. As consequências ambientais da queima de combustíveis promovida na produção de energia por fontes não renováveis, como a queima de gás natural seco, da gasolina automotiva e do óleo diesel não demoraram para surgir como pauta no debate referente às mudanças climáticas em muito induzidas pela emissão de dióxido de carbono na atmosfera, fazendo do setor energético o terceiro maior emissor de GEE (Gases do Efeito Estufa), segundo o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases do Efeito Estufa (SEEG), em dados levantados em 2020. Dessa forma, as fontes renováveis no contexto energético e, consequentemente elétrico dos países, ganharam força, permeando políticas e compromissos internacionais que visavam a sustentabilidade, a mitigação das mudanças climáticas e a eficiência energética.

2.1.1 O setor energético e as mudanças climáticas

Com o agravamento das mudanças climáticas no mundo, não é de hoje que a busca por alternativas renováveis para recursos esgotáveis e amplamente utilizados pelo ser humano se apresenta como uma pauta indispensável para os países. Segundo Cunha e Prates (2005), além dos riscos explícitos trazidos pelas mudanças climáticas, não se deve ignorar um outro fator de importância no cenário de esgotamento de recursos naturais: os custos crescentes de produção. No que tange ao setor energético, a tendência não é diferente: Ainda que o crescimento da participação da categoria de renováveis na geração de energia mundial seja notado (Figura II), aproximadamente 87% da energia total gerada ainda é fornecida através de fontes não-renováveis, tornando imprescindível que este seja um tópico presente nas políticas energéticas dos países. (BP ENERGIA, 2021).

FIGURA II – GERAÇÃO DE ENERGIA EM EXAJOULES POR FONTE (2000-2021)



Fonte: BP Energia (2022). Elaborado pela autora (2022).

A irreversibilidade, isto é, o risco de que as mudanças causadas já não tenham a possibilidade de serem revertidas, é considerada por algumas correntes ecológicas como iminente: as mudanças climáticas decorridas do aumento na concentração de gás carbônico podem ser irreversíveis por um período de até 1.000 anos após o cessamento das emissões (SOLOMON ET AL., 2008). Entre os cenários que apresentam risco de se tornarem inconversíveis, tem-se o mais conhecido aquecimento atmosférico, mas também outros impactos de relevância

ímpar, como as mudanças nos índices globais de precipitação e o aumento do nível do mar ao redor do globo. No entanto, embora hoje a relação entre o setor energético e as mudanças climáticas não seja um conceito novo e pouco disseminado, a demora para a compreensão deste como uma ameaça a ser combatida através de políticas públicas globais foi, segundo Ignacy Sachs (2007), responsável por potencializar ainda mais a capacidade negativa de influência do setor sobre o meio ambiente.

Diante da grande ameaça percebida, uma das primeiras medidas tomadas em escala global focada na mitigação das mudanças climáticas influenciadas pelas emissões de GEE, foi o Protocolo de Quioto, acordo ambiental assinado em 1997, na cidade de Quioto, no Japão, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. O documento foi assinado por representantes de grandes países industrializados e caracterizados pela considerável capacidade poluidora, a fim de se comprometerem a reduzir os níveis de emissões de GEE em taxas estabelecidas.

Entre os resultados pretendidos pelo acordo, tem-se, sobretudo, a maior consolidação dos mercados de carbono – resumido como a comercialização de créditos de carbono entre países menos poluidores e países com maior nível de emissões – e o incentivo para que as nações buscassem medidas, políticas, programas, entre outros projetos, que visassem o aumento das fontes renováveis e alternativas de energia, bem como o reflorestamento, a eficiência energética, e demais objetivos que resultariam também na redução das emissões de GEE. (MENGUELLO E CASTRO, 2007). Khalili (2002), ao criticar a existência dos mercados de carbono por tornar o composto em uma *commodity* ambiental voltada ao lucro, comprova a não unanimidade de estudiosos e especialistas quanto a eficiência do Protocolo de Quioto como mobilização global em prol da redução das mudanças climáticas.

A crítica ao Protocolo de Quioto é também sustentada pela já citada Ignacy Sachs (2007), que caracteriza o acordo como “um passo extremamente tímido e totalmente insuficiente (...)” ao citar o objetivo deste em promover a redução do consumo de fontes fósseis de energia. Ao defender seu ponto de vista, a autora também traz uma importante contribuição no que diz respeito a necessidade, já dada como fato na primeira década do século XXI, de que os países desenvolvessem

políticas públicas não exclusivas ao cenário nacional, mas também no âmbito internacional, voltadas a três principais objetivos a serem alcançados pela concepção global de setor energético: incremento da eficiência na produção e uso das fontes de energia, substituição das fontes fósseis por fontes renováveis e a redução do perfil da demanda energética. A autora reitera também a importância de que tais políticas públicas levassem em conta o contexto energético e a situação recursal dos países.

Contudo, apesar da conscientização em escala global da relevância de não apenas discutir o papel do setor energético frente às mudanças climáticas, a tomada de medidas propriamente voltadas a esse propósito enfrentou obstáculos em diferentes âmbitos. Nesse sentido, Cunha e Prates (2005), apontam as fontes renováveis como mais caras do ponto de vista de custos de investimento, dado o grau de especialização exigido pelas tecnologias fundamentais para a produção de energia a partir destas fontes. No entanto, é indispensável que esse fato seja acompanhado de outra importante interpretação, que leva em conta algo que os autores chamam de “tempo de maturação” de uma tecnologia: embora os custos iniciais sejam altos, sobretudo os custos de instalação, após a sua consolidação, no longo prazo, essas tecnologias trazem ganhos de alta expressividade.

Outro fator que deve ser revisitado durante o debate sobre as responsabilidades ao setor energético devidas diante do contexto de seus impactos ao meio ambiente, é o consequente aumento da segurança energética dos países provocada pela diversificação de suas matrizes energéticas. Haja visto que a dependência praticamente integral do petróleo ao longo dos 150 anos de dominação deste recurso na produção energética dos países industrializados tem seus reflexos sendo desenrolados até os dias atuais, o ato de diversificar a matriz energética de um país vem acompanhado da redução do risco de sub abastecimento energético e elétrico, como o enfrentado pelo Brasil, durante a Crise Elétrica, ocorrida em 2001.

Dessa forma, conclui-se que, apesar dos altos custos e da dependência de investimentos públicos no âmbito de pesquisa e desenvolvimento, as fontes alternativas de energia contribuem com a diversificação da matriz energética, incrementam a segurança energética e trazem reflexos positivos no desenvolvimento econômico dos países. Além de, como é pontuado em diversos pontos do atual trabalho, ter um papel de protagonismo na substituição de um setor energético

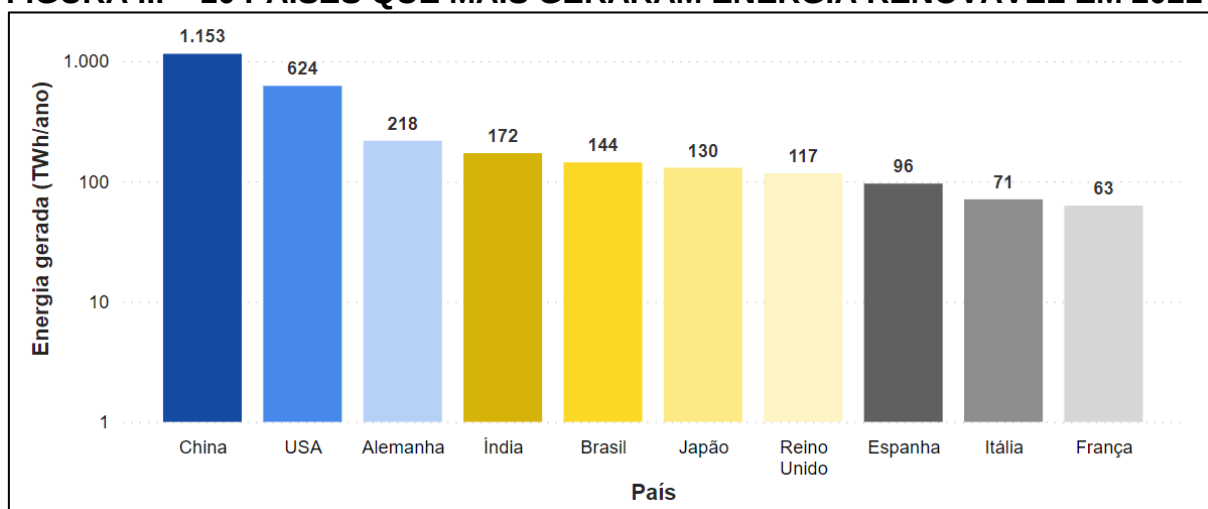
intensivo na emissão de GEE por um setor energético menos poluente e mais propício a melhores condições ambientais e de saúde à população. (Cunha e Prates, 2007).

2.2 O CONTEXTO ENERGÉTICO E ELÉTRICO DO BRASIL

Um dos principais desafios contemporâneos enfrentados pelo setor energético global é fornecer energia suficiente para a população de forma segura, competitiva e ambientalmente sustentável. O Brasil, no entanto, aparece em uma posição promissora em relação ao contexto do seu setor energético, sendo considerado, inclusive, referência internacional no que tange à integralização do seu sistema de transmissão de energia elétrica, bem como na produção e aproveitamento de energia eólica, fonte renovável, limpa e incentivada mundialmente, e também nos esforços investidos na diversificação e renovabilidade de sua matriz energética e elétrica.

Ao voltar a análise ao tema de geração de energia através de fontes renováveis, o Brasil também se destaca (Figura III), ocupando a 5ª posição entre os países que mais produziram energia renovável em 2021, correspondendo a 4% de toda a energia renovável produzida globalmente para o ano, segundo base de dados fornecida pela BP Energy, empresa energética multinacional que, entre suas ações, fornece relatórios estatísticos a respeito dos recursos energéticos no mundo inteiro.

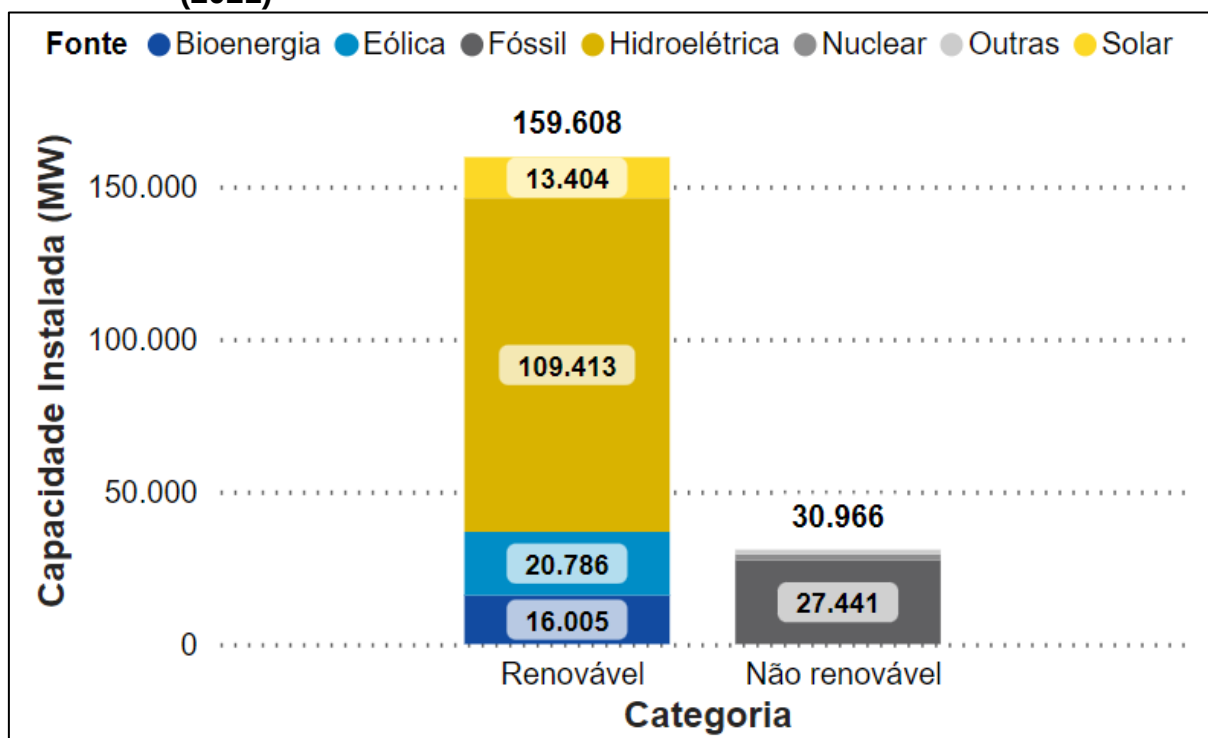
FIGURA III – 10 PAÍSES QUE MAIS GERARAM ENERGIA RENOVÁVEL EM 2021



Fonte: BP Energia (2022). Elaborado pela autora (2022).

O destaque brasileiro na geração de energia elétrica renovável se reflete em sua matriz energética, que, atualmente, tem 84% do total da capacidade instalada de geração elétrica destinada a geradores de energia oriundos de fontes renováveis (Figura IV), segundo base de dados fornecida pela SIE, no ano de 2021.

FIGURA IV – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL (2021)



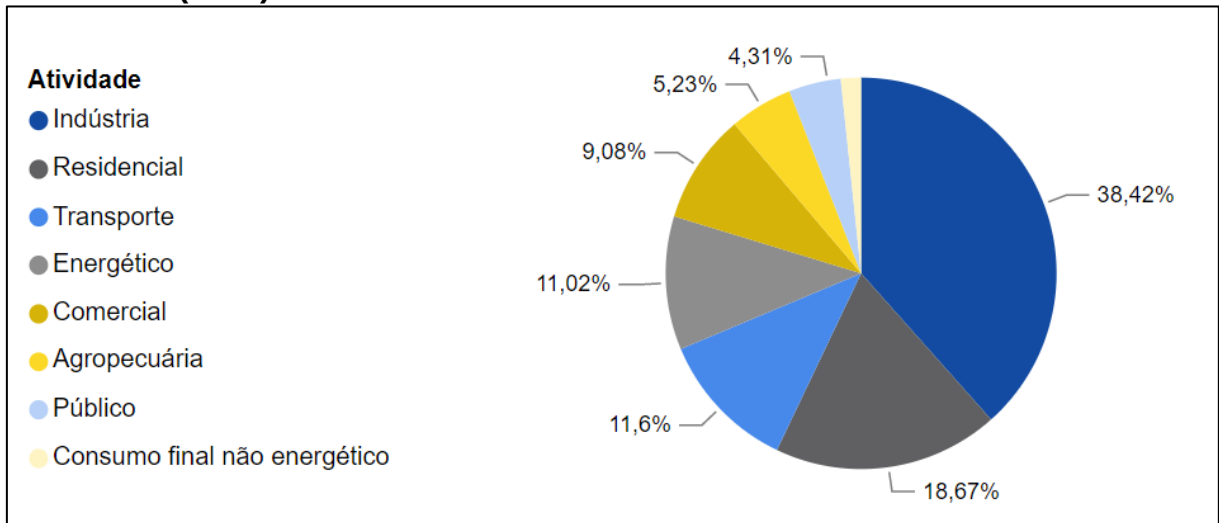
Fonte: SIE Brasil (2022). Elaborado pela autora (2022).

A respeito do consumo energético no país, a partir de uma análise do consumo por setor produtivo da economia, os três setores que lideram são o setor industrial, com 38,42%, o consumo residencial, com 18,67%, o setor de transporte, com 11,6% e o setor energético (que agrupa as atividades de produção e processamento de insumos energéticos, como petróleo, gás natural e etanol), com 11,02% do total de consumo energético do Brasil, conforme a Figura V, segundo dados do ano de 2021 obtidos através do Sistema de Informações Energéticas (SIE). O SIE é uma ferramenta de suporte à gestão e transparência de informações energéticas do Brasil, que viabiliza ao MME (Ministério de Minas e Energia) a administração e difusão de informações de oferta e demanda de energia, instalações

energéticas, recursos e reservas, preços de energéticos, emissões, entre outros dados de relevância sobre o setor de energia.

Quando investiga-se à fundo o tema de políticas públicas voltadas à energia elétrica renovável, o Brasil apresenta um histórico considerável de adoção de modelos estratégicos oriundos, principalmente, de alterações conjunturais da política do setor elétrico, que compreende os processos de geração, transmissão e distribuição de energia. Isso se deve, em grande parte, ao advento da Crise Elétrica, ocorrida no país em 2001, que, segundo Fabricio Quadros Borges (2021), ficou marcada na história do país não apenas devido ao impacto econômico que gerou através do racionamento elétrico, como também devido ao impacto direto à população, que foi prejudicada em diversas esferas socioeconômicas, gerando grande insegurança ligada a capacidade do país de fornecer energia elétrica suficiente para toda a população sem a reincidência de novas crises.

Diante desse contexto histórico e também da crescente preocupação acerca dos impactos ambientais causados pelo setor energético – principalmente na geração de energia através de fontes não-renováveis –, houve, em 1997, a publicação da Lei Federal Nº 9.478, que dispõe sobre a PEN, a Política Energética Nacional, lei que direcionava qual seria o futuro das políticas brasileiras sobre o uso racional de fontes energéticas, e, inclusive, políticas de incentivo a diversificação de fontes de energia. No entanto, apenas em 2001, que foi realizada a primeira iniciativa concreta de consolidação da PEN, com o Programa Emergencial de Energia Eólica (Preólica), que apresentava como objetivo aumentar os níveis de produção de energia eólica até o ano de 2003. Embora a meta do programa não tenha sido alcançada, este serviu como prenúncio da instituição do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), no ano de 2002, através do artigo 3º da Lei Nº 10.438, programa que existe até os dias atuais e divide opiniões a respeito da sua efetividade. Por se tratar do objeto de estudo do presente artigo, discorreremos a respeito do PROINFA, seu funcionamento e objetivos nos tópicos seguintes.

FIGURA V – CONSUMO DE ENERGIA POR SETOR PRODUTIVO NO BRASIL (2020)

Fonte: SIE Brasil (2022). Elaborado pela autora (2022).

Dessa forma, pode-se notar que o Brasil não é um país pouco familiarizado com políticas públicas relacionadas ao setor energético e o uso racional de fontes de energia não renovável, bem como pode-se afirmar que em muito interessa para o governo do país investir em ações relacionadas ao setor energético voltadas cada vez mais ao desenvolvimento sustentável, visto que o país já é colocado como referência internacional no tema energético e como potência energética e ambiental mundial. Além disso, o Brasil também possui compromissos ambientais em âmbito nacional e internacional a serem alcançados nos próximos anos, como por exemplo, suas Contribuições Nacionalmente Determinadas, as NDCs, que serão discorridas no tópico seguinte.

2.3 OS COMPROMISSOS AMBIENTAIS ASSUMIDOS PELO BRASIL

Diante do acúmulo de evidências científicas que comprovavam a grande ameaça representada pela concentração de GEE na atmosfera e a adversidade dos impactos causados pelas mudanças climáticas, a consolidação de ideais sustentáveis e da responsabilidade irrevogável das nações perante o cenário preocupante, provocou a elaboração da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Sendo UNFCCC sua sigla oficial, o tratado foi uma das ações tomadas por países envolvidos na agenda global de mitigação de problemas ambientais, tendo como objetivo principal a estabilidade dos índices de concentração de GEE na atmosfera por ação humana. Para a suscetibilidade deste objetivo, a UNFCCC estabelece compromissos comuns para as nações Partes da Convenção, porém, de forma diferenciada, isto é: apesar de os objetivos a serem buscados sejam os mesmos para as nações envolvidas, é levado em conta o contexto de cada uma, em termos que vão do social ao ambiental, além de considerar de que maneira o país em questão já contribui com o problema a ser combatido. (SANQUETTA E SILVA, 2017).

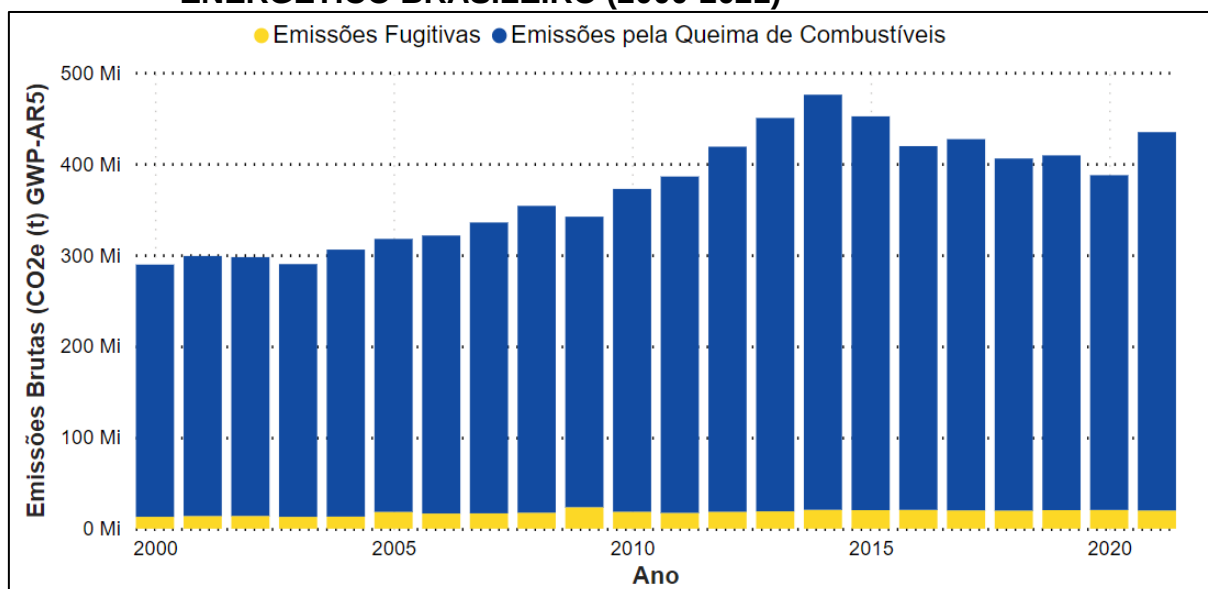
Os países signatários deveriam participar regularmente de conferências, denominadas Conferências das Partes (COP), a fim de que estes atualizassem as demais partes quanto a evolução de seus objetivos. Funcionando como um momento de grande relevância para discussões entre os países, as COPs deram origem a outros acordos e compromissos ambientais firmados. Como o Protocolo de Quioto, discorrido anteriormente neste trabalho, firmado em 1997, durante a COP-03, e o Acordo de Paris, sucessor do Protocolo de Quioto, firmado durante a COP-21, em 2015.

Este último, com o principal objetivo de reforçar medidas que já estavam sendo tomadas em prol da redução das mudanças climáticas através da redução de emissões de GEE, também serviu como momento para que os países signatários entregassem as chamadas NDCs, sigla em inglês para “Nationally Determined Contribution”, ou, em português, as Contribuições Nacionalmente Determinadas. As NDCs são compromissos adotados pelas nações, a fim de cooperar com a meta de atenuar o aumento da temperatura terrestre, atingindo os setores público e privado, em diferentes frentes, em âmbito nacional.

A NDC brasileira mais atualizada adota como ano de referência para os indicadores a serem avaliados ao final de seu período de vigência o ano de 2005, considerando para as análises quantitativas o total líquido de emissões de GEE deste mesmo ano, e possui como base para os objetivos nela dispostos o compromisso do país em reduzir em 37% as emissões de GEE em nível de 2005, até 2025, e em 50% até 2030.

O setor energético, no tema de emissões de GEE, empenha um papel importante: em 2021, o setor foi o 3º maior responsável pelas emissões totais rastreadas no território brasileiro, correspondendo a 17,9% do volume total, e 24,8% do volume líquido. A atividade de produção e consumo de energia fica atrás apenas dos setores de Agropecuária (24,8% das emissões totais) e de Uso da Terra (49% das emissões totais), setor que contempla as atividades de desmatamento, degradação ou conversão de solos e resíduos florestais. Além disso, o setor apresentou aumento considerável no total de emissões em 2021 (Figura VI), ultrapassando os índices observados desde o ano de 2015 (SEEG, 2022), o que destaca a importância de discutir ações que reforcem o compromisso do setor com o combate às mudanças climáticas promovidas pelas emissões de GEE.

FIGURA VI – EVOLUÇÃO DE EMISSÕES BRUTAS DE GEE NO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO (2000-2021)



Fonte: SEEG (2022). Elaborado pela autora (2022).

Quanto ao desempenho do setor energético no que tange ao cumprimento das metas estabelecidas em sua NDC, Carvalho et al (2020) são otimistas: apesar das barreiras que o Brasil enfrenta no estabelecimento e desenvolvimento de tecnologias que seriam importantes na promoção da mitigação de emissões, o país está no caminho certo e tem potencial de ser o menos intensivo em carbono no mundo, dado o protagonismo das fontes renováveis em sua matriz energética. Além

disso, os autores também avaliam individualmente as tecnologias energéticas atuantes no país e como estas podem atuar a favor (ou não) do cumprimento da NDC brasileira, concluindo que estas estão de acordo com o que é proposto pelo compromisso assumido. Apesar do otimismo, no entanto, não é possível relevar o papel empenhado pelas políticas públicas e pelo suporte público frente ao incentivo às tecnologias energéticas pautadas em fontes renováveis, haja visto que estas são mais suscetíveis a instabilidades oriundas de condições climáticas.

Com isso, o trabalho aqui desenvolvido busca, além de apresentar dados relevantes sobre o setor energético brasileiro, e sobre a relação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) com a mitigação de emissões de GEE, também discorrer sobre a importância de ações públicas, como a instituição e manutenção do PROINFA, frente ao cumprimento das metas consolidadas na NDC do país.

2.4 O PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (PROINFA)

2.4.1 Histórico do PROINFA

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi instituído no dia 26 de abril de 2002, através do artigo 3º da Lei Nº 10.438, com o objetivo principal de incentivar a participação de empreendimentos de menor porte, como de produtores independentes e autônomos, na produção de energia elétrica, sobretudo através da base eólica. Com faces ao incremento ao desenvolvimento sustentável e sob a visão estratégica de se atribuir maior confiabilidade ao sistema elétrico do país, o PROINFA atua até os dias de hoje sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME) e sua execução se dá pela Eletrobras.

O programa visava a geração de 3.300 Mega Watts de energia, distribuindo 1.100 MW entre as três fontes, com uma estimativa de investimento de R\$ 8,6 bilhões. Com isso, o PROINFA foi instituído sob o propósito de incentivar o investimento em projetos de energia renovável, não apenas no âmbito da geração, como também no âmbito do consumo, através de um processo de duas etapas.

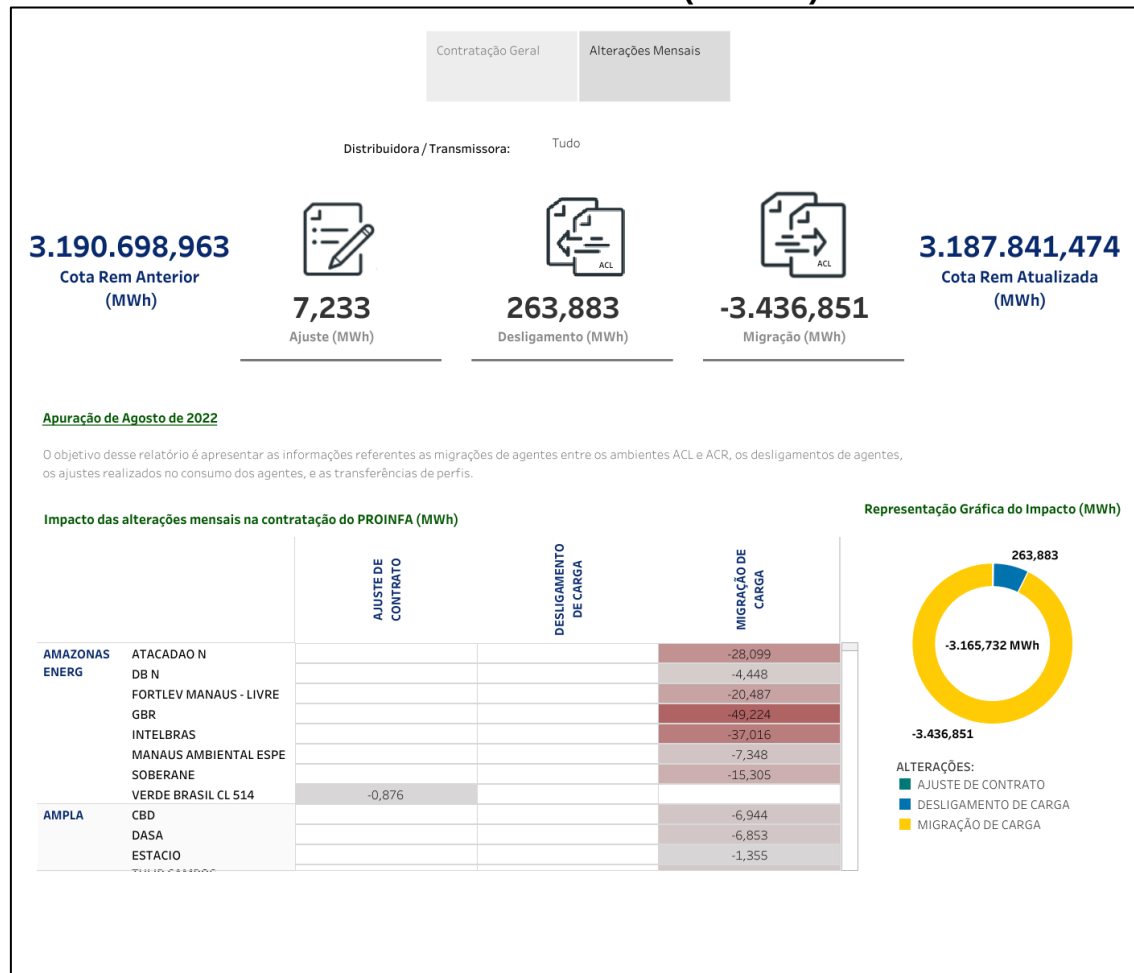
A primeira etapa possuía como foco justamente o estímulo à geração de energia elétrica através de fontes alternativas, instaladas no Brasil, e com cotas de energia, em termos de capacidade instalada, para cada uma das fontes participantes do programa: as usinas de PCH, biomassa e eólica. A seleção de empreendimentos a participarem do programa foi feita através de um processo de Chamada Pública, na qual os interessados deviam qualificar seus projetos para, por fim, serem ou não selecionados. A concepção do programa visava garantir a regionalização, para isso estabelecendo um teto de contratação por estado de 20% do total de energia por fontes eólicas, outros 20% para biomassa e 15% para PCHs, com o suporte do BNDES para financiamento dos projetos, contanto que atendidos os requisitos, como a exigência de que no mínimo 60% do custo total da instalação dos empreendimentos fosse nacionalizado. (WENCESLAU, 2013)

A energia gerada pelos empreendimentos selecionados é comprada pela Eletrobras, que, posteriormente, repassa esta energia para todas as unidades de consumo que fazem parte do Sistema Interligado Internacional (SIN) e recolhem o TUST (Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica) e o TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição). Este repasse é feito através da contratação compulsória de cotas de consumo de energia elétrica pelos agentes pertencentes ao SIN, em valores que são estipulados anualmente pela ANEEL para cada unidade consumidora, através de uma Resolução Homologatória. O cálculo das cotas de consumo leva como base o histórico de consumo dos últimos 12 meses para a unidade consumidora respectiva. (CCEE, 2022)

Como explica Dutra (2007), dada a primeira fase de contratação de projetos, em 2005, o PROINFA prosseguiu para a efetivação da sua segunda etapa, que visava atingir, até o ano de 2020, o atendimento de 10% do consumo anual de energia no Brasil através das fontes geradoras alternativas participantes. Algumas das regras e prerrogativas do programa foram alteradas para a sua segunda fase, gerando dúvidas a respeito da consistência da sua operacionalização, mas que, entretanto, não foram suficientes para conter o prosseguimento do programa, que se sustenta até os dias atuais, embora tenha passado por remanejamentos e mudanças em sua estrutura de funcionamento e burocratização. Entre as características apresentadas pela 2ª Etapa do PROINFA – prevista pela Lei 10.438/02 – tem-se o objetivo de atingir, no prazo de 20 anos, 10% no atendimento

do consumo de energia elétrica através das fontes de biomassa, PCH ou eólica, nacionalização de no mínimo 90% dos equipamentos e serviços decorridos dos empreendimentos do PROINFA, entre outros.

FIGURA VII – BOLETIM DO PROINFA Nº 198 (08/2022)



Fonte: CCEE (2022).

As informações de contratação, geração, consumo e demais processos são consolidadas pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que divulga mensalmente relatórios dinâmicos (Figura 6) com base nas suas apurações, apresentando um panorama geral das movimentações ocorridas com o programa. Tais movimentações podem incluir, por exemplo, desligamentos de geradores participantes, ajustes contratuais, transferências de perfil de consumo ou de proprietário de unidade consumidora, além de migrações de participantes do programa para o Ambiente de Contratação Livre (ACL), conhecido como Mercado

Livre de Energia, ambiente de negociação em que os consumidores estabelecem condições de compra de energia elétrica de forma direta através de geradoras ou comercializadoras. O Boletim do PROINFA apresenta todas essas informações de forma consolidada, mensal e por unidade de consumo contratante. (CCEE, 2022).

2.4.2 Resultados do PROINFA

Embora tenha enfrentado obstáculos para a sua implementação e funcionamento, como a dificuldade de se obter as taxas desejadas de nacionalização de equipamentos e serviços utilizados pelas geradoras participantes do programa, e problemas atrelados ao financiamento do programa em linha com as exigências estabelecidas pelo BNDES, o PROINFA já conta com 20 anos de existência. E, ao ordenar-se a capacidade instalada por fonte das usinas do PROINFA pelo seu desempenho em dezembro de 2021, destacam-se as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), com 1.155 MW, seguidas pelas usinas eólicas (965 MW) e, por fim, das Usinas à biomassa (556 MW), sendo as Pequenas Centrais Hidrelétricas as fontes de destaque, correspondendo a aproximadamente 57% dos contratos do programa, seguidas pela fonte eólica, com 33% e a energia por biomassa, com 10%.

No que tange à geração de energia eólica, segundo Simas e Pacca (2013), o PROINFA foi o principal motor para que o mercado eólico ganhasse força no Brasil, demonstrando que a energia dessa fonte renovável e limpa não apenas configurava viabilidade técnica, como também gerou experiência em atividades que envolvem o setor. A respeito da geração de empregos proporcionada, sobretudo, pelo incremento no mercado de energia eólica impulsionado pelo PROINFA, os dados são mais esparsos, mas não deixam de indicar a grande influência positiva que o projeto refletiu. Ainda segundo Simas e Pacca (2013), através de um cálculo que considerava empregos diretos e empregos indiretos – como empregos em atividades secundárias que acompanham o setor – durante o período de 2010 a 2020 seriam gerados mais de 195 mil postos de trabalho na instalação e operação de parques eólicos no Brasil.

No entanto, as estimativas não foram alcançadas conforme haviam sido definidas, o que representa o quanto os avanços de programas de eficiência

energética no Brasil, embora tenham ocorrido com o passar dos anos, ainda não são suficientemente fortes e bem executados ao ponto de se enxergarem efeitos explícitos à curto e à longo prazo na esfera do desenvolvimento sustentável.

2.5 IMPACTO LOCAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS NO SETOR ENERGÉTICO E EXTERNALIDADES

As políticas públicas são um recurso de fundamental importância para a ação do Estado, combinando leis, diretrizes e ações a serem tomadas pelos governos à serviço da população em diferentes âmbitos. Desenvolvidas, em maior recorrência, para solucionar ou mitigar algum problema, políticas públicas também carregam o poder de influenciar na tomada de decisões governamentais em resposta a interesses públicos. Desse modo, o campo de avaliação de políticas públicas é vital não apenas para o desempenho de uma política, como também na sua instituição, de modo a avaliar criteriosamente o que se propõe. (GARCIA, 2015).

No âmbito do setor energético, políticas públicas cumprem diferentes papéis e são instituídas, ao redor do mundo, com diferentes objetivos e a fim de resolver – ou atenuar – diversos problemas aos quais o setor está suscetível. No Brasil, por exemplo, existem programas voltados ao uso racional de energia elétrica através da disseminação obrigatória de informação (Procel), programa que visa a eletrificação de áreas remotas do país através de subsídios governamentais (Luz Para Todos), programa de taxação às concessionárias de distribuição de energia elétrica em prol do investimento em projetos de eficiência energética (PPE) e programas de incentivo ao incremento das fontes alternativas de energia elétrica, o próprio PROINFA.

Como citado anteriormente, a avaliação de políticas públicas tem fundamental atuação desde o momento do planejamento dos programas, passando pela sua instituição e pelos resultados obtidos ao longo de sua vigência. Nesse sentido, embora toda iniciativa pública tenha objetivos estipulados a serem alcançados com a sua existência, cabe também à avaliação de políticas públicas outro importante estudo, que busca avaliar os resultados “não intencionais” da política em questão: as externalidades. Jonathan Gruber (2019) define externalidades como uma falha de mercado que ocorre quando as ações de um agente (uma pessoa, uma empresa, entre outros) prejudicam ou beneficiam um

outro agente, porém sem que o primeiro agente incorra nos custos ou receba os benefícios dessa consequência, ou seja, quando uma ação gera um efeito externo sobre terceiros que não estão diretamente relacionados à essa ação. O autor cita, inclusive, as mudanças climáticas resultantes das emissões de combustíveis fósseis por concessionárias dos Estados Unidos como um exemplo clássico de externalidade negativa:

Quando as concessionárias do Centro-Oeste produzem eletricidade usando carvão, um subproduto dessa produção é a emissão de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio na atmosfera, onde formam os ácidos sulfúrico e nítrico. Esses ácidos podem cair de volta à Terra a centenas de quilômetros de distância, destruindo árvores no processo, causando bilhões de dólares em danos materiais e aumentando os problemas respiratórios na população. Sem a intervenção do governo, as concessionárias do Centro-Oeste não arcam com os custos dos efeitos poluentes de suas atividades produtivas. (GRUBER, 2019, p. 182).

É amplo o campo de estudos sobre externalidades relacionadas ao setor energético, sejam estas derivadas das instalações energéticas, sejam relacionadas à regulamentação e às políticas públicas voltadas ao setor. Um outro exemplo de literatura nesta discussão é o trabalho de Drechsler et al. (2012), que estuda as externalidades negativas causadas por instalações de energia renovável, especificamente usinas eólicas. Tal externalidade estaria relacionada a efeitos negativos sobre as paisagens e a biodiversidade dos locais em que as usinas eólicas estão instaladas.

Voltando para o contexto brasileiro e para o programa em que a metodologia deste trabalho está focada, o PROINFA, um estudo desenvolvido por Nunes et al. (2022), aponta para uma direção promissora no que tange aos impactos locais do programa, que podem ser interpretados como externalidades positivas: segundo os autores, os municípios que receberam alguma instalação energética do PROINFA em seu território apresentaram evolução significativa nos índices relacionados a PIB per capita, despesas de capital e, inclusive, na criação de empregos formais. Através de um modelo de *Propensity Score Matching* e Diferenças em Diferenças, os autores chegaram a um impacto positivo do PROINFA de 10% sobre a renda per capita, de 13,83% sobre o número de empregos formais e de 39,40% sobre as despesas de capital voltadas à investimentos com infraestrutura. Destaca-se, então, com base no citado estudo, que o PROINFA age não apenas na diversificação da matriz

energética do Brasil, como também promoveu reflexos positivos no desenvolvimento econômico dos municípios que receberam investimentos subsidiados pelo programa.

Com isso, o modelo a ser desenvolvido nos tópicos seguintes deste trabalho segue o objetivo de avaliar os impactos “não intencionados” de uma política pública, buscando averiguar a hipótese de que o programa PROINFA estaria atrelado a uma outra externalidade positiva: municípios que receberam instalações energéticas com investimentos do programa apresentaram redução em seus níveis locais de emissões de GEE, independentemente da origem das emissões.

3 METODOLOGIA

3 METODOLOGIA

3.1 DADOS

A primeira etapa empenhada no desenvolvimento da estratégia empírica que guia o trabalho aqui apresentado consistiu na identificação dos 135 empreendimentos selecionados para participação no PROINFA no primeiro ano de sua vigência (2002), dados captados através de relatórios de geração de energia elétrica fornecidos publicamente pela CCEE (2022).

Com a disposição dos empreendimentos, a etapa seguinte teve como foco identificar em quais municípios cada empreendimento se encontra, chegando a um número de 97 municípios, dentro do total de 5.571, que detinham em seu território um ou mais projetos do PROINFA, entre usinas eólica, à biomassa e PCHs. A captação dos dados dessa etapa foi viabilizada por bases de dados públicas da Eletrobras (2022).

A variável em que a estratégia empírica se concentra na próxima etapa é o nível de emissões brutas (sem descontar remoções de emissões) de GEE por município, dado levantado para todos os 5.571 municípios brasileiros. A SEEG disponibiliza informações sobre emissões de GEE em território brasileiro utilizando diferentes métricas, como emissões por UF, emissões por setor, emissões por atividade econômica, e emissões por município, com dados datados desde 1970 até os dias atuais, tendo como embasamento metodológico das estimativas do SEEG o 4º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa (2010). A métrica de carbono equivalente utilizada pelo SEEG segue duas abordagens: a de GWP (“Global Warming Potential”) e a de GTP (“Global Temperature Change Potential”). GWP é a abordagem que leva em conta como os gases impactam e influenciam na alteração do balanço energético da Terra, enquanto o GTP considera a influência sobre o aumento da temperatura global.

A partir da base de dados criada com as informações capturadas, o próximo passo já estava concentrado na proposta principal da estratégia empírica: Foram utilizados dados dos 5.571 municípios do Brasil, a fim de analisar os impactos do PROINFA sobre os níveis de emissões de GEE.

As variáveis foram organizadas na Tabela I, constando descrição da variável em questão e a sua fonte:

TABELA I – TABELA DE VARIÁVEIS A SEREM UTILIZADAS NA ESTRATÉGIA EMPÍRICA DO TRABALHO

Variável	Descrição	Fonte
Variáveis de resultado		
Y: Emissões de GEE (tCO₂e – GWP-AR5)	Total de emissões brutas de GEE por município	SEEG
Variável de tratamento		
T	Tratamento: 1 se o município possui empreendimentos participantes do PROINFA, 0 do contrário	Eletrobras

Fonte: Elaboração da autora (2022).

A hipótese, ou pergunta orientadora, a ser respondida é se existiram, de fato, impactos positivos do PROINFA sobre o nível de emissões dos municípios, ou melhor, se municípios que receberam o PROINFA perceberam alguma queda em seus níveis de emissões de GEE, interpretada como uma externalidade positiva.

3.2 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Procura-se alcançar os impactos proporcionados pelo PROINFA sobre os níveis de emissões de GEE dos municípios brasileiros através de um modelo baseado no proposto por Nunes et al (2022), optando pela alteração de algumas das variáveis utilizadas pelos autores, bem como modificando a pergunta que orienta a existência do trabalho, da pesquisa e do modelo.

Como bem explicado pelos autores do modelo que baseiam o modelo a ser utilizado no presente trabalho, a maior dificuldade no processo de avaliar políticas públicas, como o caso do PROINFA, consiste na inviabilidade de se presumir como se comportariam as variáveis de resultado sem a existência do programa, ou seja, sem o tratamento, no mesmo período de tempo, o que se resume no fato de o contrafactual do grupo tratado só poder ser obtido através de experimentos aleatórios, estes sendo raramente disponibilizados ou acessíveis.

Como a seleção de municípios a receberem o PROINFA é definida através de uma chamada pública realizada pela Eletrobras, também se encontra um problema de viés, que constitui uma nova dificuldade para o modelo.

Seguindo o proposto pelo modelo de Nunes et al (2022), procura-se atenuar as dificuldades do modelo através dos critérios utilizados para a seleção de seu grupo de controle, comparando um grupo que recebeu um tratamento específico (no caso, municípios participantes do PROINFA) e um grupo que não recebeu esse tratamento, porém, com características semelhantes ao grupo tratado. A metodologia escolhida para realizar o experimento, levando em conta o obstáculo trazido pelo viés de seleção, é o método de Diferenças em Diferenças.

3.2.1 Diferenças em Diferenças

O estimador de diferenças em diferenças é um modelo empírico que busca identificar os efeitos causais que precedem determinado experimento randomizado, sendo um modelo muito popular para pesquisas quantitativas. (CUNNINGHAM, 2021). Para isso, o estimador irá comparar o tratamento do grupo de controle antes e depois do evento cujo efeito busca-se investigar os resultados. No caso da pesquisa aqui desenvolvida, o grupo de tratamento é composto por municípios que receberam empreendimentos do PROINFA e o grupo de controle por municípios que não receberam o programa. Dessa maneira, tem-se:

$$DD_i = E[(Y_{i1}^1 - Y_{i0}^1) - (Y_{j1}^0 - Y_{j0}^0)]$$

Em que Y_i é a variável de resultado dos municípios tratados pelo programa e Y_j é a variável resultante dos municípios do grupo de controle. Além disso, $t = 1$ é o período após a instituição do programa e $t = 0$ o período anterior ao programa.

O grupo de controle é composto por 97 municípios – mesmo número de municípios do grupo de tratamento – que possuem níveis de emissões de GEE semelhantes aos níveis de emissões dos municípios tratados. Dessa forma, foi selecionado para cada município que recebeu o programa PROINFA, um outro município entre os demais que não receberam o programa, com a estimativa de emissões mais próxima da estimativa do município tratado. Além disso, foi considerado um período de 10 anos para o desenvolvimento do modelo, com a

estimativa anual de emissões de GEE de cada um dos 194 municípios, de 2001 a 2010, totalizando 1.940 observações, sendo o ano de 2002 o ano de instituição do PROINFA.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através do estimador de Diferenças em Diferenças desenvolvido e explicado no tópico anterior estão dispostos na Tabela II, e performaram com um p-valor que impossibilita a rejeição da hipótese nula:

TABELA II - IMPACTOS NOS MUNICÍPIOS ABRANGIDOS PELO PROINFA SOBRE OS NÍVEIS DE EMISSÕES DE GEE (2001-2010)

	Coeficiente	Std. Error	t valor	P > t
(intercepto)	752742	123560	6.092	< 34e-09 ***
Tratados	23022	174741	0.132	0.895
Data_trat	-166617	138145	-1.206	0.228
Estimador_DID	60333	195366	0.309	0.757

Fonte: Elaboração da autora (2022).

O coeficiente denominado como “Estimador_DID” consiste no resultado da equação de Diferenças em Diferenças, isto é, compara o comportamento da variável *Y* (emissões brutas de GEE anualmente) nos períodos anterior e posterior à instuição do PROINFA. Como disposto na Tabela II, o coeficiente de Diferenças em Diferenças não viabilizou um resultado significativo o suficiente para sustentar a hipótese do modelo de que o impacto do PROINFA sobre as emissões brutas (sem considerar remoções) de GEE dos municípios tratados pelo programa foi positivo, ou seja, causou queda nas emissões.

Suposições que podem estar alinhadas com o resultado obtido apoiam-se no próprio funcionamento do setor de energia elétrica no país, levando em conta as divisões de geração, transmissão e distribuição, inviabilizando a implicação de que a energia elétrica produzida pelos empreendimentos do PROINFA seria consumida no município em que estes estão instalados. Apesar deste fato, a sustentação da hipótese de influência do PROINFA sobre as emissões de GEE dos municípios que o recebem poderia estar relacionada a uma influência sobre a consciência da população destas cidades quanto ao programa, sua relevância e os objetivos por ele almejados, conduzindo os municípios à mentalidade de baixo carbono exaltada pelo programa, o que não pôde ser suportado pelos resultados do modelo desenvolvido.

Uma outra questão que pode ser abordada através dos resultados obtidos com o modelo empírico consiste na reflexão de que, no momento de sua instituição, o PROINFA cooperou na criação de 156 empreendimentos, entre usinas eólicas, PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) e usinas de biomassa, em 97 diferentes municípios, cobrindo nem 2% do total de municípios existentes no país, e inclusive deixando de alcançar algumas unidades federativas, como o Acre, Paraná, Piauí, Maranhão, entre outras, em especial aquelas localizadas na região Norte do país. Uma possível explicação para este fator está na própria instabilidade a qual as fontes alternativas de energia incentivadas pelo programa estão suscetíveis, devido a forte dependência de condições climáticas favoráveis. Dessa forma, o desenvolvimento de uma estratégia empírica mais refinada, poderia em vez de estritamente estudar os impactos locais do programa, procurar identificar o resultado agregado deste sobre os níveis de emissões de GEE do Brasil, inferindo na importância do PROINFA aos resultados brasileiros de modo generalizado.

Por fim, um fato que está aliado a discussão do impacto do PROINFA sobre os níveis de emissões de GEE está representado pela própria “natureza” de emissões das fontes de energia elétrica promovidas pelo programa. Isto é, embora não tenha sido possível concluir sobre a influência do programa de forma positiva sobre os níveis de emissões de GEE nos municípios cujos territórios residem empreendimentos participantes, usinas eólicas, PCHs e usinas à biomassa emitem em seu processo de geração e de uso de energia, estimativas muito inferiores de gases em comparação com usinas termelétricas, por exemplo, cuja forma de geração de energia por si só já emite GEE, devido à queima de combustíveis fósseis.

Segundo o SIE (2022), o uso de carvão, óleo combustível e gás natural seco – componentes da produção de energia em termelétricas – emite, em média, 300% mais CO₂ que o uso de energia eólica, por exemplo. Considerando o funcionamento do PROINFA e as cotas de consumo a serem contratadas pelas unidades de consumo do SIE, caso o programa não houvesse sido instituído, este consumo revertido em fontes renováveis e alternativas, poderia, entretanto, ser revertido no consumo de energia gerada em termelétricas, por exemplo, suplementando a demanda por energia não renovável e mais poluente. Entretanto, cabe a ressalva de

que a reflexão aqui apresentada não foge do campo hipotético, apesar de carregar um peso conceitual relevante a ser considerado.

5 CONCLUSÃO

A conjectura de fatos até aqui apresentados resulta em importantes conclusões quanto a importante atuação do programa PROINFA na redução de emissões de GEE no território brasileiro, apesar da pouca consistência nos resultados alinhados a importância local do programa em termos de emissões de GEE. Como foi visto, a chamada energia limpa, oriunda de fontes renováveis, é uma força propulsora para os motores da sustentabilidade nos países, visto que sua geração não traz como resíduos a emissão de gases que aceleram a degradação da camada de ozônio, fundamental para a manutenção da vida terrestre. Entretanto, instalações de geração de energia elétrica através de fontes renováveis, como é o caso das usinas eólicas e usinas de energia fotovoltaica, demandam altos custos, não apenas iniciais como também de manutenção, fatores que surgem como obstáculos para o avanço destas fontes de modo sistêmico, mesmo em territórios privilegiados do ponto de vista recursal.

Neste cenário, o PROINFA surgiu como uma forma de financiar, de forma pública e parcial, diversos projetos de PCH, energia à biomassa e eólica, levando-o ao conhecimento internacional como o maior programa de incentivo a fontes alternativas de energia elétrica no mundo. Com seus quase 20 anos de existência, o PROINFA já atingiu mais de 100 municípios brasileiros, e viabilizou a existência de mais de 200 geradores de energia elétrica limpa, trazendo como reflexos não apenas a diversificação da matriz elétrica brasileira, como também atuou como incentivo ao incremento tecnológico do setor energético e cooperou, de forma local, para o desenvolvimento dos municípios atingidos, com o aumento no número de empregos e no aumento do PIB per capita.

Entretanto, não se pode deixar de citar o fato de o programa não ter alcançado as metas pretendidas pela Eletrobras, inclusive no que diz respeito aos níveis de emissão de CO₂ no setor energético. A previsão de redução de emissão de CO₂ no Brasil através da geração de energia renovável com os chamados Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), como o próprio PROINFA, era, em 2009, de aproximadamente 950.550 tCO₂/ano para energia eólica, 1.148.927tCO₂/ano para PCH, 432.883tCO₂/ano para biomassa e a receita anual da comercialização dos créditos do carbono gerados através da redução de emissões

se encontrava na faixa de R\$24.714.324 a partir da geração de energia eólica, R\$29.872.127 para as PCHs e R\$11.254.975 para biomassa, totalizando R\$65.841.426. (ELETROBRAS, 2009). Contudo, as estimativas não foram alcançadas conforme haviam sido definidas, o que representa o quanto os avanços de programas de eficiência energética no Brasil, embora tenham ocorrido com o passar dos anos, ainda não são suficientemente fortes e bem executados ao ponto de se enxergarem efeitos explícitos à curto e à longo prazo na esfera do desenvolvimento sustentável.

Outro exemplo a ser usado como métrica para os objetivos do programa PROINFA é a NDC brasileira, com importantes compromissos de redução de emissões de GEE em 37% e 43%, a serem alcançadas até 2025 e 2030, respectivamente. Através do PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia) e do IEA (Agência Internacional de Energia), Carvalho et al. (2020) desenvolveram estimativas para o cumprimento das metas energéticas dispostas na NDC e destacam que o PROINFA teve um papel fundamental no impulsionamento do investimento em geração de energia renovável, em especial para a energia eólica, que apresenta uma estimativa de crescimento para 12% da capacidade instalada de geração elétrica em 2027.

Entretanto, apesar das abordagens promissoras quanto ao PROINFA e sua importância para o país de forma local e generalizada, a estratégia empírica escolhida para basear este trabalho e desenvolvida a partir de um modelo de diferenças em diferenças, trouxe um resultado não significativo estatisticamente quanto ao impacto do programa nos índices de emissões brutas de gases do efeito estufa nos municípios com empreendimentos de geração de energia elétrica participantes do programa no período de 2002 a 2010.

Apesar do resultado da estratégia empírica, não é possível relevar a importância do PROINFA e de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável não exclusivamente em prol da imagem do país frente ao compromisso global de sustentabilidade, mas também devido aos resultados positivos nas esferas socioeconômica e tecnológica do país. Apesar disso, como apontado anteriormente neste tópico, embora o governo brasileiro tenha disparado à frente de muitos países com a criação e instituição, ainda no ano de 2002, do PROINFA, peca quando são analisadas as metas estipuladas pelo programa e o quão alcançadas ou próximas

de serem cumpridas estas foram ao longo dos 20 anos de sua existência. Dutra (2007), comenta o posicionamento de Marcelo Picchi, diretor da SIIF Énergies do Brasil, de que há, por parte dos órgãos competentes, a ausência de políticas de longo prazo que não se limitem ao estímulo à expansão do setor energético através de fontes renováveis, limpas e alternativas, como também apresente planos de ação bem claros no que tange aos investimentos e às estratégias que darão ao programa a força e o aperfeiçoamento necessários para potencializar os bons resultados já apresentados.

O aspecto de investimento se torna ainda mais pungente quando colocadas as proporções sobre a própria indústria fabricante de máquinas que fornece ao setor eólico, principalmente, visto que o sistema brasileiro carece de investimentos à nacionalização dos equipamentos e máquinas que patrocinam a instalação e operacionalização dos parques eólicos. Os benefícios de investimentos voltados à nacionalização do setor são incontáveis, e envolvem tanto os efeitos positivos na geração de empregos quanto no próprio custeio de projetos de incentivo, tornando-os mais competitivos e líderes internacionais na área.

Cabe também levantar um ponto de atenção a mudanças recentes refletidas nas regras do PROINFA e instituídas pelo Decreto Nº 10.798, de 17 de setembro de 2021 e que regulamenta o art. 23 da Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021, que podem influenciar de forma negativa nos resultados obtidos: o Decreto dispõe sobre condições para a prorrogação do período de suprimento dos contratos de compra e venda de energia elétrica do PROINFA. O Decreto se deu como fator desestimulante e prejudicial, segundo Elbia Gannoum, presidente da ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica), em entrevista concebida à Valor Econômico (2022), podendo acarretar no desinteresse por parte dos empreendimentos – com destaque aos empreendimentos eólicos – principalmente frente ao avanço de ferramentas do chamado Mercado Livre de Energia. Entre os investidores das PCHs, o Decreto também obteve má repercussão, sendo inclusive interpretado como falta de interesse por parte do Ministério de Minas e Energia de diminuir os custos do PROINFA.

Há considerável relevância também em observar as discussões que ocorreram entre as nações signatárias do Acordo de Paris na COP27, realizada no Egito dos dias 6 a 18 de novembro de 2022, podendo intensificar – ou não – os

compromissos brasileiros a serem cumpridos em relação às mudanças climáticas, além de consistir em uma oportunidade para o país restaurar sua imagem ambiental internacional.

Frente aos resultados obtidos e ao que foi até aqui posto, fica evidente a importância do PROINFA em vista do incremento de fontes renováveis de energia elétrica no país, entretanto, não foi possível inferir na influência positiva do programa sobre níveis de emissões de GEE nos municípios. Por este e outros motivos é importante ressaltar a necessidade de não apenas serem criados e colocados em prática programas ambientais e políticas públicas que estejam voltadas ao desenvolvimento sustentável no Brasil e no mundo, como também a necessidade da observância dos textos legais que regulamentam os ditos programas e políticas, podendo mudanças ocorridas em sua estrutura regulamentar afetar diretamente no interesse dos agentes envolvidos a manterem ou não o compromisso com o programa ou a política em questão. Além disso, a disseminação de informação quanto a existência de programas como o PROINFA e de sua relevância no cenário nacional e internacional nas discussões sobre meio ambiente e sustentabilidade poderia atuar como uma ferramenta potente em prol da conscientização da população e do reconhecimento nacional sobre políticas públicas, trazendo também a força popular como uma influência positiva sobre aperfeiçoamentos dos programas.

O investimento em eficiência energética apresenta considerável potencial de gerar inúmeros benefícios para a indústria nacional, de incrementar a confiabilidade e segurança da matriz energética brasileira, bem como atuar diretamente na melhora do contexto socioambiental do país, frente aos órgãos internacionais e ao compromisso global contra as ações de mudanças climáticas, servindo, como apontado no trabalho, como estímulo para que o Brasil possa alcançar as importantes metas estabelecidas em sua NDC. Desse modo, embora o PROINFA seja apenas um dos diversos programas e iniciativas de incentivo à eficiência energética no Brasil, este é a clara representação da importância de políticas públicas como respostas efetivas para garantir o desenvolvimento virtuoso do setor energético sem o detrimento da sustentabilidade ambiental, apenas alguns dos motivos que fizeram do PROINFA o maior programa de eficiência energética do mundo.

REFERÊNCIAS

BORGES, Fabricio Quadros ; AMARAL, L. . “Gestão pública de energia e redução da pobreza: uma análise do uso sustentável de fontes alternativas no Pará”. E&G - Revista Economia e Gestão , v. 21, p. 128-148, 2021.

BP ENERGY. “Statistical Review of World Energy 2021”. 2021.

BRASIL. Constituição Federal. Justiça (MJ); Minas e Energia (MME); Administração e Reforma de Estado (MARE). Lei Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9478&ano=1997&ato=a0bUzaU90MJpWTb7b>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.

BRASIL. Constituição Federal. Justiça (MJ); Minas e Energia (MME); Administração e Reforma de Estado (MARE). Lei Nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Disponível em: <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=10438&ano=2002&ato=59do3ZE5ENNpWTbd5>>. Acesso em 10 de setembro de 2022.

CARDOSO, Rafael, NOGUEIRA, Luiz. “Perspectivas da Matriz Energética Mundial e do Brasil”. O Setor Elétrico. 32. 33-43. 2007.

CARVALHO N. B, BERRÊDO Viana D, MUYLAERT de Araújo M. S, LAMPREIA J, Gomes M. S. P., FREITAS M. A. V. “How likely is Brazil to achieve its NDC commitments in the energy sector? A review on Brazilian low-carbon energy perspectives”. Renew Sustain Energy Rev. 2020.

CCEE – CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. “PROINFA”. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/mercado/proinfa#:~:text=O%20Programa%20de%20Incentivo%20a,na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica.>>. Acesso em 7 de junho de 2022.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel Trindade. “O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado”. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

CUNNINGHAM, Scott. “Causal Inference: The Mixtape”. Yale University Press. 2021. Versão online. Disponível em: < https://mixtape.scunning.com/09-difference_in_differences>. Acesso em 01 de novembro de 2022.

DRECHSLER, M., MEYERHOFF, J., OHL, C. “The effect of feed-in tariffs on the production cost and the landscape externalities of wind power generation in West Saxony, Germany”. Energy Policy, Volume 48, 2018. P. 730-736. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.008>>. Acesso em 16 de novembro de 2022.

DUTRA, Ricardo Marques. “Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA”. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós-Graduação em Ciências em Planejamento Energético. 2007. Disponível em:<<http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/publicacoes/teses-edissertacoes/2007/1040-propostas-de-politicas-especificas-para-energia-eolica-no-brasil-apos-a-primeira-fase-do-proinfa>>. Acesso em 27 de maio de 2022.

ELETROBRAS, “PROINFA”. 2017. Disponível em <<https://eletrobras.com/en/Paginas/Proinfa.aspx>>. Acesso em 15 de outubro de 2022.

ELETROBRAS, “Relatório Anual 2021”. 2021. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Documents/Eletobras_RA_2021_Resumo%20Executivo.pdf>. Acesso em 16 de outubro de 2022.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. “Anuário Estatístico de Energia Elétrica”. 2019.

GARCIA, M. Á. “Ex ante evaluation of interdisciplinary research projects: A literature review”. *Social Science Information*, 2016. 55(4):568-588. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0539018416658147>>. Acesso em 15 de novembro de 2022.

GRUBER, J. “Public Finance and Public Policy”. 6ª edição. Nova Iorque: Worth Publishers, 2019. P. 182 – 186.

IEA – International Energy Agency. “Energy Technology Perspectives 2017: Towards Sustainable Urban Energy Systems”. Paris: IEA; 2017. Disponível em: <<http://www.iea.org/etp>>. Acesso em 5 de maio de 2022.

MENEGUELLO, L. A.; DE CASTRO, M. C. A. A. “O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo.” *Interações (Campo Grande)*, [S. l.], v. 8, n. 1, 2016. DOI: 10.20435/interacoes.v8i1.449. Disponível em: <<https://interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/449>>. Acesso em 15 de outubro de 2022.

MENEGUELLO, Luiz Augusto e CASTRO, Marcus Cesar Avezum Alves. “O Protocolo de Kyoto e a geração de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar como mecanismo de desenvolvimento limpo”. *Interações (Campo Grande)* (online). 2007. V. 8, n. 1, pp. 33-43. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1518-70122007000100004>>. Epub 30 Out 2007. ISSN 1984-042X. Acessado em 11 de Outubro de 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. SIE Brasil – Sistema de Informações Energéticas. 2022.

NETO, Hildeberto. “Avaliação do processo de implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia - PROINFA, no Estado do Ceará: a utilização da fonte eólica”. 2010. 186f. – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Avaliação de Políticas Públicas, Fortaleza (CE), 2010.

NUNES, Anna, ARAUJO, Jevuks, SANTOS, Edvaldo, MELO, Ana, ROLIM, Maria, SIMIONI, Flávio, CARVALHO, Monica, COELHO, Luiz. “Impact Assessment of Public Policy in the Municipalities Covered by the Incentive Program for Alternative Energy Sources – Proinfa.” Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4147125>>. Acesso em: 24 de setembro de 2022.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Nationally Determined Contribution (NDC). Brasília. Março de 2022.

SACHS, Ignacy. “A revolução energética do século XXI”. Estudos Avançados (online). V. 21, n. 59. PP. 21-38. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100004>>. Epub 26 Out 2007. ISSN 1806-9592. Acessado em 10 de Outubro de 2022.

SANQUETTA, Carlos Roberto, SILVA, Bárbara Elis Nascimento. “Análise da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) brasileira em comparação aos países do BRICS”. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Especialização MBA em Gestão Ambiental. 2017. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/54330>>. Acesso em 20 de setembro de 2022.

SEEG BRASIL - SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. 2022.

SIMAS, M.; PACCA, S. “Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável”. Estudos Avançados, [S. l.], v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/53955>>. Acesso em 7 de outubro de 2022.

SOLOMON, S., PLATTNER, G., KNUTTI, R., FRIEDLINGSTEIN, P. “Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions”. Proceedings of the National Academy of Sciences. 106 (6) 1704-1709. 2009.

VALOR ECONÔMICO, “Live do Valor: Elbia Gannoum, da ABEEólica, e o consultor Edvaldo Santana falam sobre os desafios para o setor elétrico”. 2022. Disponível em: <<https://valor.globo.com/live/noticia/2022/05/05/live-do-valor-elbia-gannoum-da-abeeolica-e-o-consultor-edvaldo-santana-falam-sobre-os-desafios-para-o-setor-eletrico-nesta-sexta-as-15h.ghtml>>. Acesso em 19 de novembro de 2022.

WENCESLAU, F. F. “PROINFA: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA A DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA NO RIO GRANDE DO SUL?”. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11624/505>>. Acesso em 10 de novembro de 2022.

APÊNDICE 1

APÊNDICE 1 – TABELA DE EMPREENDIMENTOS PARTICIPANTES DO PROINFA (2002)

Empreendimento	Município	UF
IOLANDO LEITE	Capela	SE
MANDU	Guaira	SP
GOIASA GOIATUBA	Goiatuba	GO
SANTA TEREZINHA - TAPEJARA	Maringá	PR
SANTA TEREZINHA - TAPEJARA	Maringá	PR
NOVA GERAÇÃO	Jandaia	GO
CERRADINHO	Chapadão do Céu	GO
ECOLUZ	Goiatuba	GO
SONORA	Sonora	MS
SONORA	Itiquira	MS
SIDROLÂNDIA	Sidrolândia	MS
SIDROLÂNDIA	Sidrolândia	MS
BRASILÂNDIA	Brasilândia	MS
ENERGIA AMBIENTAL	São Paulo	SP
GIASA II	Pedras de Fogo	PB
WINIMPORT	Colombo	PR
JITITUBA SANTO ANTÔNIO	São Luís do Quitunde	AL
ÁGUA BONITA	Tarumã	SP
CANAÃ	Ariquemes	RO
JALLES MACHADO	Goianésia	GO
USACIGA	Cidade Gaúcha	PR
PIONEIROS	Sud Mennucci	SP
VOLTA GRANDE	Conceição das Alagoas	MG
RUETTE	Paraíso	SP
CEISA (DISA)	Conceição da Barra	ES
MARACAÍ	Maracaí	SP
JB	Vitória de Santo Antão	PE
CORURIBE	Iturama	MG
SÃO LUIZ	Ourinhos	SP
FARTURA	Angelina	SC
ÁGUA DOCE	Água Doce	SC
CANOA QUEBRADA	Cuiabá	MT
PIRAUÁ	Macaparana	PE
PRAIAS DE PARAJURU	Beberibe	CE
PRAIA DO MORGADO	Acaraú	CE
VOLTA DO RIO	Acaraú	CE
DOS ÍNDIOS	Osório	RS
SANGRADOURO	Osório	RS
OSÓRIO	Osório	RS
ENACEL	Aracati	CE
RN 15 - RIO DO FOGO	Rio do Fogo	RN
BEBERIBE	Beberibe	CE
SALTO	Água Doce	SC
PÚLPITO	Bom Jardim da Serra	SC

Empreendimento	Município	UF
ELEBRAS CIDREIRA	Tramandaí	RS
ALHANDRA	Alhandra	PB
ALHANDRA	Alhandra	PB
RIO DO OURO	Bom Jardim da Serra	SC
CAMPO BELO	Água Doce	SC
AMPARO	Água Doce	SC
AQUIBATÃ	Água Doce	SC
BOM JARDIM	Bom Jardim da Serra	SC
CRUZ ALTA	Água Doce	SC
MILLENNIUM	Mataraca	PB
ALBATROZ	Mataraca	PB
COELHOS II	Mataraca	PB
CAMURIM	Mataraca	PB
COELHOS IV	Mataraca	PB
PRESIDENTE	Mataraca	PB
COELHOS III	Mataraca	PB
ATLÂNTICA	Mataraca	PB
MATARACA	Mataraca	PB
COELHOS I	Mataraca	PB
CARAVELA	Mataraca	PB
PRAIA FORMOSA	Camocim	CE
PRAIA FORMOSA	Camocim	CE
PRAIA FORMOSA	Camocim	CE
PRAIA FORMOSA	Camocim	CE
GARGAÚ	São Francisco de Itabapoana	RJ
PEDRA DO SAL	Ilha Grande	PI
MANDACARU	Gravatá	PE
XAVANTE	Pombos	PE
GRAVATÁ FRUITRADE	Gravatá	PE
VITÓRIA	Mataraca	PB
SANTA MARIA	Gravatá	PE
QUINTANILHA MACHADO I	São Francisco de Itabapoana	RJ
FOZ DO RIO CHORÓ	Beberibe	CE
ALEGRIA II	Guamaré	RN
ALEGRIA II	Guamaré	RN
CASCATA	Água Doce	SC
SANTO ANTÔNIO	Bom Jardim da Serra	SC
PALMARES	Palmares do Sul	RS
ICARAIZINHO	Amontada	CE
PARACURU	Paracuru	CE
TAIBA ALBATROZ	São Gonçalo do Amarante	CE
BONS VENTOS	Aracati	CE
ALEGRIA I	Guamaré	RN
ALEGRIA I	Guamaré	RN
CANOA QUEBRADA (RV)	Aracati	CE
LAGOA DO MATO	Aracati	CE
CANOA QUEBRADA	Cuiabá	MT

Empreendimento	Município	UF
LAGOA GRANDE	Dianópolis	TO
PORTO FRANCO	Dianópolis	TO
BOA SORTE	Palmeiras do Tocantins	TO
RIACHO PRETO	Dianópolis	TO
SENADOR JONAS PINHEIRO	Santo Antônio do Leverger	MT
SÃO TADEU I	Santo Antônio do Leverger	MT
SÃO TADEU I	Santo Antônio do Leverger	MT
ENGENHEIRO JOSÉ GELÁSIO DA ROCHA	Pedra Preta	MT
RONDONÓPOLIS	Rondonópolis	MT
PONTE ALTA	São Gabriel do Oeste	MS
LINHA EMÍLIA	Dois Lajeados	RS
COTIPORÃ	Cotiporã	RS
CAÇADOR	Serafina Corrêa	RS
JARARACA	Campo Novo do Parecis	MT
JARARACA	Campo Novo do Parecis	MT
TUDELÂNDIA	Santa Maria Madalena	RJ
MOSQUITÃO	Arenópolis	GO
MAMBAÍ II	Sítio d'Abadia	GO
CACHOEIRA GRANDE	Cachoeira Grande	MG
COCAIS GRANDE	Antônio Dias	MG
ALTO IRANI	Arvoredo	SC
PLANO ALTO	Faxinal dos Guedes	SC
SÃO PEDRO	Itu	SP
CARANGOLA	Carangola	MG
CALHEIROS	Bom Jesus do Itabapoana	RJ
SÃO SIMÃO	Alegre	ES
FUNIL	Ubaitaba	BA
SÃO JOAQUIM	São João da Boa Vista	SP
FUMAÇA IV	Mariana	MG
LUDESA	São Domingos	SC
ESMERALDA	Barracão	RS
ALTO SUCURIÚ	Chapadão do Sul	MS
JATAÍ	Jataí	GO
RETIRO VELHO	Aporé	GO
IRARA	Jataí	GO
SÃO LOURENÇO	Juscimeira	MT
NHANDU	Novo Mundo	MT
ROCHEDO	Dores do Rio Preto	ES
AREIA BRANCA	Caratinga	MG
SANTA ROSA II	Cordeiro	RJ
FLOR DO SERTÃO	Flor do Sertão	SC
SÃO BERNARDO	Piranguçu	MG
CACHOEIRA DA LIXA	Itamaraju	BA
COLINO 1	Jucuruçu	BA
COLINO 2	Jucuruçu	BA
CARLOS GONZATTO	Campo Novo	RS
AREIA	Dianópolis	TO
ÁGUA LIMPA	Novo Jardim	TO

Empreendimento	Município	UF
AQUARIUS	Sonora	MS
PIRANHAS	Piranhas	GO
BURITI	Campo Grande	MS
BONFANTE	Simão Pereira	MG
MONTE SERRAT	Arinos	MG
SANTA FÉ	Alegre	ES
DA ILHA	Antônio Prado	RS
SETE QUEDAS ALTA	Juscimeira	MT
SETE QUEDAS ALTA	Juscimeira	MT
SANTA LAURA	Faxinal dos Guedes	SC
SALTO DAS FLORES	São Miguel do Oeste	SC
CIDEZAL	Campos de Júlio	MT
RONDON	Campos de Júlio	MT
SAPEZAL	Campos de Júlio	MT
PARECIS	Campos de Júlio	MT
TELEGRÁFICA	Campos de Júlio	MT
FIGUEIRÓPOLIS	Indiavaí	MT

Fonte: Eletrobras (2006). Elaboração da autora (2022).

APÊNDICE 2

APÊNDICE 2 – TABELA DE PARES DE MUNICÍPIOS TRATADOS E DE CONTROLE

Município tratamento	Município controle
Flor do Sertão	Vista Serrana
Mataraca	São João do Arraial
Ilha Grande	Vermelho Novo
Simão Pereira	Santo Antônio do Retiro
Rio do Fogo	Sete de Setembro
Campo Novo	Jurema
Cotiporã	Sapeaçu
Dores do Rio Preto	São João do Manteninha
Macaparana	Santa Maria
Dois Lajeados	Cupira
Novo Jardim	Itiruçu
Piranguçu	Doresópolis
Alhandra	Malhada de Pedras
Pombos	Desterro de Entre Rios
Arvoredo	Tabira
Paracuru	Congo
Paraíso	Guarani
Guamaré	Riqueza
Barracão	Ceres
Antônio Prado	Iporã do Oeste
Tramandaí	Apiúna
Pedras de Fogo	Nova Serrana
Serafina Corrêa	Monte Azul
Cordeiro	Romaria
Carangola	Três Passos
São Gonçalo do Amarante	Garibaldi
Bom Jardim da Serra	Nova Veneza
São Domingos	Simões
Tarumã	Fátima
Capela	Nova Odessa
Angelina	Jundiá do Sul
São Luís do Quitunde	Parapuã
Camocim	Espinosa
Ubaitaba	Pirapemas
Maracaí	Oeiras
Santa Maria Madalena	Santana do Cariri
Faxinal dos Guedes	Araçarigüama
Gravatá	Anita Garibaldi
Aracati	Brejo Santo
Cidade Gaúcha	Renascença
São Miguel do Oeste	Itororó
Sítio d'Abadia	Rio Bonito
Sud Mennucci	Icaraí de Minas
Alegre	Coaraci

Município tratamento	Município controle
Acaraú	Dois Vizinhos
Vitória de Santo Antão	Catu
Palmeiras do Tocantins	São Luiz do Norte
Bom Jesus do Itabapoana	Diorama
Amontada	Formoso
São Francisco de Itabapoana	Cachoeira
Beberibe	São José do Povo
Dianópolis	Feira Nova do Maranhão
Osório	Jaguari
Pedro Leopoldo	Rubiataba
Mariana	São Gonçalo do Sapucaí
Antônio Dias	Olinda Nova do Maranhão
Conceição da Barra	Arapiraca
Caratinga	Jangada
Jandaia	Santana da Boa Vista
Conceição das Alagoas	Joaíma
Palmares do Sul	Angra dos Reis
São João da Boa Vista	Morro Agudo
Arenópolis	Nova Friburgo
Ourinhos	Mutunópolis
Chapadão do Céu	São João da Ponte
Guaíra	Santa Rita do Tocantins
Colombo	Lençóis Paulista
Água Doce	Campo Formoso
Indiavaí	Guaratinga
Goianésia	Monte Alegre de Minas
Iturama	Bom Jesus da Lapa
Jucuruçu	Jaraguá
Goiatuba	Lavras do Sul
Piranhas	Aparecida do Taboado
Maringá	Guiratinga
Aporé	Ilhéus
Arinos	Santiago
Itamaraju	Araraquara
Itu	Bauru
Juscimeira	Limeira
Chapadão do Sul	Colorado do Oeste
São Gabriel do Oeste	Nova Alvorada do Sul
Pedra Preta	Aurora do Pará
Campos de Júlio	Prudentópolis
Campo Novo do Parecis	São Miguel do Guamá
Sidrolândia	Guarapuava
Sonora	Mirante da Serra
Cuiabá	Costa Rica
Rondonópolis	Santa Luzia do Pará
Itiquira	Poxoréu
Brasilândia	São Domingos do Araguaia

Município tratamento	Município controle
Jataí	Formosa do Rio Preto
Santo Antônio do Leverger	Paranatinga
Campo Grande	Piçarra
Ariquemes	Apiacás
Novo Mundo	Brasil Novo
São Paulo	Cáceres

FONTE: SEEG (2022). ELABORAÇÃO DA AUTORA (2022).

APÊNDICE 3

APÊNDICE 3 – CÓDIGOS UTILIZADOS PARA DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Encontram-se neste Apêndice os códigos utilizados para o desenvolvimento da estratégia empírica de Diferenças em Diferenças na qual o trabalho se baseia. Os códigos foram rodados no software R (4.2.2), com auxílio do R-Studio.

• IMPORTAÇÃO DE DADOS

```
• library('readxl')
• base <- read_excel("D:/PROINFA.xlsx", sheet=1)
```

• CRIANDO DUMMY DE IDENTIFICAÇÃO DE PERÍODO DE TRATAMENTO

```
• library(tidyverse)
• ## — Attaching packages —————
tidyverse 1.3.2 —
• ## ✓ ggplot2 3.4.0      ✓ purrr 0.3.5
• ## ✓ tibble 3.1.8      ✓ dplyr 1.0.10
• ## ✓ tidyr 1.2.1       ✓ stringr 1.4.1
• ## ✓ readr 2.1.3      ✓ forcats 0.5.2
• ## — Conflicts —————
tidyverse_conflicts() —
• ## ✗ dplyr::filter() masks stats::filter()
• ## ✗ dplyr::lag() masks stats::lag()
• base<- base %>%
•   mutate(data_trat = if_else(year>=2003,1,0))
• table(base$data_trat)
• ##
• ##      0      1
• ## 388 1552
```

• CRIANDO DUMMY DE IDENTIFICAÇÃO DO GRUPO DE TRATAMENTO

```
• base<-base%>%
•   mutate(tratados = if_else(PROINFA>=1,1,0))
•
•
• ##Criando a variável de diff-in-diff
• base<- base %>%
•   mutate(estimador_did = tratados * data_trat)
•
• table(base$estimador_did)
• ##
• ##      0      1
• ## 1164  776
```

• REALIZANDO A REGRESSÃO

```

reg_did <- lm(y ~ tratados + data_trat + estimador_did, data = base)
summary(reg_did)

##
## Call:
## lm(formula = y ~ tratados + data_trat + estimador_did, data = base)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -773246 -566127 -460669 -113731 23030039
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)    752742    123560   6.092 1.34e-09 ***
## tratados        23022    174741   0.132  0.895
## data_trat     -166617    138145  -1.206  0.228
## estimador_did   60333    195366   0.309  0.757
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 1721000 on 1936 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.001485,    Adjusted R-squared:  -6.251e-05
## F-statistic: 0.9596 on 3 and 1936 DF,  p-value: 0.4109

```