

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

AUGUSTO FONSECA MOREIRA

**VULNERABILIDADE HÍDRICA E SAÚDE NEONATAL: O IMPACTO
DO PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO SOBRE
PESO AO NASCER NA REGIÃO DE CAMPINA GRANDE**

JUIZ DE FORA - MG

2026

AUGUSTO FONSECA MOREIRA

**VULNERABILIDADE HÍDRICA E SAÚDE NEONATAL: O IMPACTO
DO PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO SOBRE
PESO AO NASCER NA REGIÃO DE CAMPINA GRANDE**

Projeto submetido ao Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora para a inscrição do trabalho de monografia vinculado ao curso de Economia, sob orientação da Prof.^a Dra. Flávia Lúcia Chein Feres e Coorientação do Ms. Rafael Fraga Lima.

JUIZ DE FORA - MG

2026

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Moreira, Augusto Fonseca .

Vulnerabilidade hídrica e saúde neonatal: : o impacto do projeto de transposição do Rio São Francisco sobre o peso ao nascer na região de Campina Grande / Augusto Fonseca Moreira. -- 2026. 63 p.

Orientadora: Flávia Lúcia Chein Feres

Coorientador: Rafael Fraga Lima

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2026.

1. Vulnerabilidade hídrica. 2. Saúde neonatal. 3. Impacto do PISF. 4. Peso ao nascer. 5. Campina Grande. I. Chein Feres, Flávia Lúcia, orient. II. Lima, Rafael Fraga, coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF
ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Ao Presidente da Comissão Coordenadora de Monografias

Na data de 21/01/2026, a Banca Examinadora, composta pelos professores

- 1 - Flávia Lúcia Chein Feres (orientadora)
- 2 - Rafael Fraga Lima (co-orientador)
- 3 - Ricardo da Silva Freguglia,

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico AUGUSTO FONSECA MOREIRA, intitulada: VULNERABILIDADE HÍDRICA E SAÚDE NEONATAL: O IMPACTO DO PROJETO DE TRANSPOSIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO SOBRE PESO AO NASCER NA REGIÃO DE CAMPINA GRANDE, resolvendo APROVAR a referida monografia.

Juiz de Fora, 21/01/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Flavia Lucia Chein Feres, Professor(a)**, em 22/01/2026, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo da Silva Freguglia, Professor(a)**, em 22/01/2026, às 13:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Lima Fraga, Usuário Externo**, em 26/01/2026, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2835716** e o código CRC **84AB6C33**.

RESUMO

O presente trabalho analisa a relação entre a ampliação do acesso à água potável, promovida pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), e os desfechos de saúde neonatal, com foco no peso ao nascer. A análise concentra-se nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, com ênfase na região de Campina Grande, que enfrentou um período prolongado de racionamento hídrico entre 2014 e 2017, próximo a um colapso no abastecimento. Utilizam-se microdados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC) para o período de 2010 a 2021, permitindo acompanhar a evolução do peso ao nascer antes, durante e após a chegada das águas do PISF. A definição dos grupos de tratamento e da estratégia empírica baseia-se na utilização de bases geoespaciais da Agência Nacional de Águas (ANA), incluindo *shapefiles* de rios, bacias, reservatórios e eixos do projeto, bem como em informações oficiais sobre a liberação das águas do PISF obtidas por meio de portais federais de acesso à informação. A estratégia empírica emprega o método de diferenças-em-diferenças com controle sintético, adotado devido à dificuldade de encontrar grupos de controle observáveis com trajetórias prévias comparáveis às dos municípios tratados. Os resultados indicam que não há nenhum efeito da chegada das águas do PISF sobre o peso médio ao nascer em nenhum dos grupos de tratamento. Os resultados para a mediana do peso ao nascer indicam efeitos negativos e estatisticamente significativos nos dois primeiros grupos de tratamento, com maior impacto em Campina Grande e municípios vizinhos. No décil 90, observam-se efeitos negativos significativos a 1% apenas para esse grupo, com reduções próximas a -48 gramas. Nos testes de robustez de inferência por placebo, os resultados para Campina Grande e municípios vizinhos permanecem significativos para a mediana e para decil 90. Já para o grupo de tratamento formado pelos municípios cortados pelos rios Paraíba e Monteiro, observa-se que o coeficiente do peso médio ao nascer passa a ser estatisticamente significativo a 10% sob a inferência por placebo, indicando redução aproximada de 23 gramas.

ABSTRACT

This study analyzes the relationship between the expansion of access to potable water promoted by the São Francisco River Integration Project (PISF) and neonatal health outcomes, with a focus on birth weight. The analysis concentrates on municipalities within the Paraíba River Basin, with particular emphasis on the Campina Grande region, which experienced a prolonged period of water rationing between 2014 and 2017, coming close to a collapse in water supply. Microdata from the Live Birth Information System (SINASC) are used for the period from 2010 to 2021, allowing for the examination of birth weight dynamics before, during, and after the arrival of water from the PISF. The definition of treatment groups and the empirical strategy is based on the use of geospatial datasets from the National Water Agency (ANA), including shapefiles of rivers, basins, reservoirs, and project axes, as well as official information on the release of PISF waters obtained through federal freedom-of-information portals. The empirical strategy employs a difference-in-differences approach with synthetic control, adopted due to the difficulty of identifying observable control groups with pre-treatment trajectories comparable to those of the treated municipalities. The results indicate that there is no effect of the arrival of PISF waters on mean birth weight in any of the treatment groups. However, the results for median birth weight indicate negative and statistically significant effects in the first two treatment groups, with a stronger impact in Campina Grande and neighboring municipalities. At the 90th percentile, negative effects significant at the 1% level are observed only for this group, with reductions close to -48 grams. In placebo-controlled inference robustness tests, the results for Campina Grande and neighboring municipalities remain statistically significant for both the median and the 90th percentile. By contrast, for the treatment group composed of municipalities crossed by the Paraíba and Monteiro rivers, the coefficient for mean birth weight becomes statistically significant at the 10% level under placebo inference, indicating a reduction of approximately 23 grams.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

United Nations Office for Disaster Risk Reduction – UNDRR

Organização das Nações Unidas – ONU

Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura - UNESCO

Observatório das Desigualdades em Educação, Saúde e Sustentabilidade - ODES

Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional- PISF

Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos - SINASC

Segunda Pesquisa de Fecundidade em Profundidade da China - CIFS

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MIDR

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA

Pernambuco - PE

Paraíba - PB

Ceará - CE

Rio Grande do Norte - RN

Estação de Bombeamento - EBV

Estrutura de Controle - EC

Reservatório - RES

Aqueduto - AQD

Subestação de Energia - SE

Tribunal de Contas da União - TCU

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA

Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA

Campina Grande e seus municípios vizinhos - CGV

Municípios beneficiados pelo PISF localizados ao longo do curso dos rios Paraíba e Monteiro - BPM

Municípios beneficiados pelo PISF que pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba - BBP

Municípios do estado da Paraíba beneficiados pelo PISF e inseridos no semiárido, mas, que não pertencem à bacia do Rio Paraíba - BPB

Índice de Desenvolvimento Humano - IDH

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Difference-in-differences - DiD

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Literatura Base	21
Tabela 2 – Estruturas operacionais do PISF por município.	24
Tabela 3 – Pontos de entrega da água do PISF no Eixo Leste.	27
Tabela 4 – Indicadores socioeconômicos.	34
Tabela 5 – Indicadores de Nascimento e Peso Antes da Intervenção.....	35
Tabela 6 – Indicadores de Nascimento e Peso Depois da Intervenção.....	36
Tabela 7 – Estimativas do Efeito do Programa sobre a Média do Peso ao nascer por grupo de tratamento.....	43
Tabela 8 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre a Mediana, Percentil 10 e Percentil 90 do Peso ao Nascer, por grupo de Tratamento.....	47
Tabela 9 – Estimativas do Efeito do Programa sobre a Média do Peso ao Nascer, por grupo de tratamento, com inferência baseada em placebos	50
Tabela 10 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre a Mediana, Percentil 10 e Percentil 90 do Peso ao Nascer, por grupo de tratamento, com inferência baseada em placebos.....	52
Tabela 11 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre o Peso Médio ao Nascer e Mediana do Peso ao Nascer, por gênero e grupo de Tratamento.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Municípios beneficiados pelo PISF por Eixo	23
Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba	26
Figura 3 – Município de Campina Grande e vizinhos abastecidos pelo Açude Boqueirão	29
Figura 4 – <i>Pool</i> de Beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).....	33
Figura 5 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do CGV versus Controle	37
Figura 6 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do BPM versus Controle	37
Figura 7 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do BBP versus Controle.....	38
Figura 8 – Peso Médio Municipal ao Nascer do CGV versus Controle	41
Figura 9 – Peso Médio Municipal ao Nascer do BPM versus Controle	42
Figura 10 – Peso Médio Municipal ao Nascer do BBP versus Controle	42
Figura 11 – Peso Médio Estimado ao longo do tempo dos Tratamentos versus Controle.....	44
Figura A1 – Peso Estimado do CGV em Mediana e Decis.....	62
Figura A2 – Peso Estimado do BPM em Mediana e Decis.....	63
Figura A3 – Peso Estimado do BBP em Mediana e Decis.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL.....	22
3.1 O Projeto de Integração do Rio São Francisco.	22
3.2 A dinâmica de Entrega de Água	25
3.3 A Bacia do Paraíba e o colapso hídrico de Campina Grande	27
4. METODOLOGIA.....	31
4.1 Base de Dados.	31
4.2 Estratégia Empírica.....	32
5. RESULTADOS.....	41
5.1 Análise Descritiva.....	41
5.2 Estimação.	43
5.3 Heterogeneidades ao longo da distribuição.....	46
5.4 Heterogeneidade de Sexo.....	53
6. CONCLUSÃO.	56
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE.....	62

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas em curso têm provocado eventos extremos e desastres naturais em diversas regiões do mundo, afetando de forma desproporcional as populações que vivem em condições econômicas e ambientais adversas. Entre os impactos mais diretos dessas transformações está a falta de acesso à água, já que a intensificação de secas e estiagens altera o ciclo hidrológico, modifica padrões de precipitação e reduz a disponibilidade hídrica (UNDRR, 2022). As Nações Unidas (ONU) estimam que cerca de 2 bilhões de pessoas vivem em países com alto estresse hídrico, em que a demanda por água supera a oferta em parte do ano (UNESCO, 2021).

No Brasil, esse cenário global se manifesta de maneira particularmente clara. Dados do Observatório das Desigualdades em Educação, Saúde e Sustentabilidade (ODES, 2024) mostram que, entre 1991 e 2022, quase metade dos desastres registrados no país decorreu de eventos climáticos extremos, sobretudo secas e estiagens, reforçando o papel da variabilidade climática na segurança hídrica. Entretanto, os impactos não se distribuem de forma homogênea. A disponibilidade de água varia significativamente entre as regiões, e o semiárido brasileiro se destaca como a área de maior vulnerabilidade. Fatores estruturais — como planejamento hídrico insuficiente, baixa capacidade de armazenamento, infraestrutura precária e condições climáticas historicamente adversas — amplificam o risco de desabastecimento (CORDÃO ET AL., 2020; RAMOS FILHO ET AL., 2023). Esses elementos criam um ambiente recorrente de choques negativos na oferta hídrica, com implicações diretas para indicadores sociais e de saúde, especialmente em populações cujo bem-estar depende criticamente do abastecimento regular.

Um dos canais de transmissão mais relevantes desses choques recai sobre gestantes e, por extensão, sobre os desfechos neonatais. Em contextos de seca, a coleta de água pode exigir esforço físico, longas caminhadas e exposição prolongada ao calor, sobrecarregando mulheres em um período de maior fragilidade fisiológica e de maior demanda metabólica (POND ET AL., 2011). A ingestão insuficiente de água compromete a hidratação materna e reduz o fluxo sanguíneo uteroplacentário, diminuindo a oferta de oxigênio e micronutrientes essenciais ao feto (BARRON, 1987; STEEGERS-THEUNISSEN, 1995). Assim, gestantes submetidas a racionamentos severos ou irregularidade no abastecimento enfrentam riscos ampliados, sobretudo em regiões onde a vulnerabilidade hídrica se combina a limitações estruturais persistentes.

Diante desse contexto, torna-se essencial a implementação de políticas públicas voltadas ao fortalecimento da infraestrutura hídrica, capazes de mitigar os efeitos da escassez de água e reduzir a vulnerabilidade das populações sujeitas à irregularidade do abastecimento. Nesse sentido, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) foi concebido como uma das mais importantes e controversas iniciativas hídricas já realizadas no país. Instituído pelo Decreto nº 5.995/2006, o programa busca garantir o fornecimento contínuo de água potável aos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, ampliando a segurança hídrica e apoiando o desenvolvimento socioeconômico no semiárido (BRASIL, 2006). Apesar de sua magnitude, contudo, os efeitos do PISF sobre indicadores sociais sensíveis, como saúde materna e desfechos neonatais, permanecem pouco explorados, já que grande parte das análises existentes se concentra nos aspectos operacionais e econômicos da obra.

Dessa forma, esta pesquisa busca estimar o impacto da ampliação do acesso à água potável sobre os desfechos neonatais. Para responder a essa pergunta, utilizam-se microdados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), que reúne variáveis detalhadas da saúde ao nascer — entre elas, o peso ao nascer, usado aqui como principal indicador dos efeitos da chegada das águas do PISF sobre a saúde fetal. Em vez de considerar todos os municípios beneficiados pelo projeto, o foco recai sobre os municípios da região hidrográfica da Bacia do Paraíba, com ênfase em Campina Grande e nos municípios vizinhos abastecidos pelo reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão).

Essa delimitação decorre de características particulares dessa região, que enfrentou um dos episódios mais severos de escassez hídrica do estado, marcado por racionamento entre dezembro de 2014 e março de 2017, período em que o reservatório operou em níveis críticos. Ademais, informações oficiais indicam que grande parte das estruturas do Eixo Leste do PISF, responsável por levar água a essa região, entrou em operação justamente no primeiro semestre de 2017, coincidindo com a chegada efetiva das águas transpostas a Boqueirão. Esse contexto produz um ambiente empírico propício à identificação causal: a ampliação do acesso à água ocorreu de forma concentrada no tempo e incidiu sobre uma população que vinha de um longo período de racionamento, gerando um contraste claro entre os períodos pré- e pós-intervenção.

Diante desse contexto, a pesquisa define os grupos de tratamento considerando a heterogeneidade territorial da intervenção na região de interesse. O primeiro grupo reúne

Campina Grande e seus municípios vizinhos, beneficiados pelo PISF e localizados no Semiárido Nordeste. O segundo grupo é composto pelos municípios atendidos pelo PISF situados ao longo do curso do Rio Paraíba, também restritos ao Semiárido. O terceiro grupo inclui os municípios beneficiados da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Para fins de comparação, a pesquisa considera os municípios beneficiados pelo PISF do Estado da Paraíba, localizados fora da Bacia do Paraíba, que compõe o conjunto doador utilizado na construção do controle sintético.

Os resultados desta pesquisa indicam que não existem efeitos da chegada das águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) sobre o peso médio ao nascer entre os municípios tratados. Não são encontradas evidências estatisticamente significativas em nenhum dos grupos de tratamentos. Os resultados para a mediana do peso ao nascer indicam efeitos negativos e estatisticamente significativos da chegada das águas do PISF nos dois primeiros grupos de tratamento. O impacto é mais intenso no grupo de Campina Grande e municípios vizinhos, com redução de aproximadamente 39 gramas (significativo a 5%), enquanto no grupo de municípios beneficiados e cortados pelos rios Paraíba e Monteiro observa-se uma queda de cerca de 30 gramas, significativa a 5%.

No Decil 10, não se observam coeficientes estatisticamente significativos em nenhuma especificação. Já no Decil 90, verificam-se efeitos negativos e estatisticamente significativos a 1% para o primeiro grupo de tratamento, com coeficientes elevados, próximos a -48 gramas, indicando redução consistente no peso ao nascer na parte superior da distribuição. No teste de robustez que utiliza a inferência por placebo, para o grupo de tratamento composto por Campina Grande e municípios vizinhos, os coeficientes médios permanecem não significativos, enquanto os resultados da mediana mantêm significância sob ambas as inferências e os do décil 90 tornam-se significativos a 10%, sugerindo concentração dos efeitos na tendência central e na parte superior da distribuição, com robustez ao método inferencial. Não há evidência de efeitos no décil 10.

Já para o grupo de tratamento formado pelos municípios cortados pelos rios Paraíba e Monteiro, observa-se que o coeficiente do peso médio ao nascer passa a ser estatisticamente significativo a 10% sob a inferência por placebo, indicando redução aproximada de 23 gramas. De forma semelhante, o coeficiente da mediana também ganhou significância estatística nesse procedimento, sem alteração de magnitude, o que indica que os resultados decorrem exclusivamente de diferenças na estimação dos erros padrão e revelam sensibilidade da evidência estatística ao método de inferência adotado.

Na análise de heterogeneidade por sexo, observa-se efeitos negativos estatisticamente significativos somente para a mediana do peso ao nascer entre os nascidos do sexo masculino. Para o sexo feminino, não há evidência de efeito estatisticamente significativo para média e mediana do peso. Em relação à mediana, há uma redução significativa no peso dos fetos masculino, variando entre -17 e -46 gramas de acordo com cada um dos grupos de tratamento. Todos os resultados obtidos que tiveram algum efeito sobre o peso vão na direção oposta do que a literatura apresenta.

A literatura mostra que choques negativos de precipitação durante a gestação estão fortemente correlacionados com maior mortalidade infantil, menor peso ao nascer e períodos gestacionais mais curtos (ROCHA E SOARES, 2015; LIN, LIU E XU, 2020). Esses trabalhos destacam principalmente mecanismos de natureza econômica e sanitária: secas reduzem a produção agrícola, comprometem a oferta de nutrientes e limitam o acesso à água segura, aumentando a vulnerabilidade das famílias e, consequentemente, dos recém-nascidos (ROCHA E SOARES, 2015). No longo prazo, indivíduos expostos a secas severas na infância apresentam menores rendimentos e pior qualidade de moradia (LIN, LIU E XU, 2020). É importante notar que a intensidade desses efeitos varia conforme o nível de infraestrutura local, sobretudo a cobertura de água encanada e saneamento básico, que desempenham papel fundamental na mitigação dos impactos.

Nesse contexto, políticas públicas que ampliem o acesso à água segura parecem capazes de reverter parte desses danos, indicando que a disponibilidade de água potável atua como importante mecanismo de proteção fetal. Programas de fornecimento descentralizado de água, como a instalação de cisternas no semiárido brasileiro, mostraram efeitos positivos expressivos: filhos de mulheres expostas ao programa apresentaram aumento substantivo no peso ao nascer a cada semana adicional de exposição (DA MATA ET AL., 2023). De forma semelhante, a expansão de sistemas centralizados de água tratada promove ganhos consistentes em indicadores de saúde infantil, desde maior peso ao nascer até melhor altura na infância, sugerindo que tais benefícios se originam majoritariamente durante a gestação (LI E XIAO, 2023). Assim, a ampliação da disponibilidade de água potável emerge como um mecanismo capaz de mitigar vulnerabilidades hídricas estruturais e reduzir desigualdades em saúde desde o início da vida.

Entretanto, como a literatura ainda carece de evidências sobre os efeitos de intervenções hídricas de grande escala sobre indicadores de saúde ao nascer. Essa pesquisa visa preencher justamente essa lacuna, ao investigar o impacto da chegada das águas do PISF sobre os desfechos neonatais em uma região historicamente marcada por racionamento severo.

O texto está organizado em seis seções: a Seção 1 apresenta a introdução; a Seção 2 discute a literatura relevante sobre disponibilidade hídrica e saúde neonatal; a Seção 3 descreve o contexto da escassez hídrica no semiárido brasileiro, o funcionamento do PISF, a dinâmica de entrega da água e o racionamento de água em Campina Grande; a Seção 4 detalha as variáveis, as bases de dados utilizadas, a formação dos grupos de tratamento e pools de controle e por último a estratégia empírica adotada; a Seção 5 traz as análises descritivas, apresenta e discute os resultados, além de realizar testes de robustez e heterogeneidade; e a Seção 6 conclui o estudo, destacando suas principais contribuições.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A escassez de água figura hoje entre os desafios ambientais mais críticos do século XXI, afetando de forma crescente populações em condições de vulnerabilidade social. Esse problema é particularmente evidente nas zonas áridas e semiáridas, regiões caracterizadas por chuvas escassas, elevada variabilidade climática e longos períodos de estiagem. Estima-se que aproximadamente 1 bilhão de pessoas — muitas delas entre as mais pobres do planeta — residam sob estresse hídrico permanente, enfrentando acesso limitado à água potável e aos serviços de saneamento básico (UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 2006; WORLD BANK, 2008).

Diante desse contexto, a escassez hídrica impacta de forma desproporcional grupos vulneráveis, especialmente as gestantes. Em grande parte dessas regiões, a coleta de água constitui uma tarefa diária que exige tempo, esforço físico e recursos, impondo uma sobrecarga adicional às mulheres. Evidências empíricas mostram que essa rotina pode comprometer a saúde materna, associada a complicações como parto prematuro e baixo peso ao nascer (LUSAMBILI et al., 2023). Dessa forma, o objetivo desta revisão é sintetizar a literatura que relaciona a escassez hídrica aos desfechos neonatais, como no peso ao nascer, e analisar os mecanismos fisiológicos que explicam tais efeitos.

Para compreender esses mecanismos, é fundamental reconhecer que a gestação exige um aumento substancial na ingestão de água e de nutrientes, devido ao rápido crescimento fetal, à expansão do volume plasmático materno e à manutenção da função placentária (BARRON, 1987). Em situações de ingestão insuficiente, podem ocorrer prejuízos na hemodinâmica materna, redução do fluxo sanguíneo uteroplacentário e comprometimento na entrega de oxigênio e nutrientes ao feto — efeitos que se tornam ainda mais graves em cenários de estresse hídrico crônico (BARRON, 1987; STEEGERS-THEUNISSEN, 1995). Além disso, em comunidades onde a coleta de água é manual e trabalhosa, gestantes estão mais expostas a esforços físicos intensos, ao estresse e à desidratação, o que aumenta a probabilidade de complicações gestacionais (POND et al., 2011).

A literatura também documenta consistentemente que carências nutricionais e episódios de desidratação durante janelas críticas da gestação podem comprometer o desenvolvimento fetal. Pesquisas com diferentes metodologias, incluindo estudos experimentais, mostram que a restrição hídrica e nutricional reduz a taxa de crescimento

intrauterino, aumenta o risco de parto prematuro e leva à menor peso ao nascer (BLOOMFIELD et al., 2006; ROSS & DESAI, 2005). Tais evidências dialogam com resultados obtidos em países de baixa e média renda, sintetizados por Black et al. (2008), que identificam a inadequação nutricional materna como um dos principais determinantes da restrição do crescimento fetal e do aumento da mortalidade neonatal. Assim, a literatura converge no entendimento de que a escassez hídrica atua como um estressor biológico relevante, capaz de afetar tanto a saúde materna quanto o desenvolvimento intrauterino.

A partir dessa base fisiológica consolidada, diversos estudos investigaram empiricamente como choques ambientais associados à falta de água afetam desfechos neonatais. Nesse contexto, Lin, Liu e Xu (2020) examinaram o impacto da seca sobre a saúde de pessoas nascidas entre 1962 e 1986 na província de Guizhou, China. Para isso, utilizaram microdados da Segunda Pesquisa de Fecundidade em Profundidade da China de 1987 (CIFS) e da amostra de 1% da população de 2005. Os autores constataram que choques negativos de precipitação durante o período gestacional (12 meses antes do nascimento) aumentam a mortalidade infantil e a incidência de baixo peso ao nascer. Além disso, no longo prazo, a exposição precoce à escassez de chuva reduz a renda pessoal mensal e piora as condições habitacionais na vida adulta. No entanto, nesse estudo, o principal canal de impacto identificado foi a escassez de água potável, mais do que a redução na produção agrícola.

Na mesma direção, Rocha e Soares (2015) examinaram como variações inesperadas na precipitação ao longo da gestação influenciam indicadores de saúde neonatal, como peso ao nascer, duração da gestação e mortalidade infantil. O foco estava na região semiárida do Nordeste do Brasil, a mais seca do país. Além disso, analisaram-se os mecanismos por meio das quais alterações no regime de chuvas se traduzem em impactos sobre esses desfechos. No contexto investigado, dois canais se destacaram: (i) a redução da produção agrícola, que compromete a oferta de nutrientes essenciais, e (ii) a limitação do acesso à água segura, que aumenta a exposição a doenças infecciosas.

Para isso, construíram uma base climatológica municipal, com frequência mensal, a partir de dados de precipitação e temperatura de elevada resolução espacial e temporal. Em seguida, integraram essas informações aos registros administrativos de nascimentos e de mortalidade infantil, resultando em um painel mensal por município que reúne

variáveis climáticas e indicadores de saúde ao nascer, no período de 1996 a 2010. Os resultados obtidos indicaram que os choques negativos de precipitação estão fortemente correlacionados com maior mortalidade infantil, menor peso ao nascer e períodos gestacionais mais curtos. Os efeitos da mortalidade são concentrados em infecções intestinais e desnutrição e são minimizados quando a infraestrutura local de saúde pública, como a cobertura municipal de água encanada e saneamento, é suficientemente desenvolvida.

Ampliando a compreensão dos efeitos de políticas adaptativas, Da Mata et al. (2023) investigaram de que maneira a exposição pré-natal a um programa de adaptação climática em larga escala influencia os desfechos ao nascimento. O foco recai sobre o programa Primeira Água – Cisternas, responsável pela instalação de cerca de um milhão de reservatórios domiciliares de captação de água da chuva no semiárido brasileiro. As cisternas permitem o armazenamento descentralizado de água durante o período chuvoso, garantindo o suprimento para consumo doméstico na estação seca, aliado a ações de capacitação para o tratamento e o manejo seguro da água. Para mensurar seus impactos, os autores utilizam microdados que relacionam informações individuais de nascimentos ao calendário de construção das cisternas. A estratégia empírica compara gestantes de um mesmo município, que iniciaram a gravidez no mesmo mês e ano, mas diferem no tempo de exposição ao programa ao longo da gestação, permitindo isolar o efeito intrauterino da intervenção.

Os resultados indicam ganhos substanciais: cada semana adicional de exposição ao programa eleva o peso ao nascer em cerca de 1,7 gramas, efeito associado ao maior crescimento fetal e não ao prolongamento da gestação. Há também indícios de redução moderada do risco de baixo peso ao nascer e de gestações mais curtas. As análises adicionais mostraram que os efeitos são mais intensos entre mães com maior escolaridade, o impacto estimado para o subgrupo educado é de cerca de 2,7 gramas por semana adicional de exposição, e entre famílias residentes em áreas distantes de fontes convencionais de água, sugerindo que os benefícios do programa são ampliados em contextos de maior vulnerabilidade hídrica.

Por fim, Li e Xiao (2023) investigaram o caso chinês de expansão da água tratada em áreas rurais, analisando os efeitos de médio e longo prazo da exposição intrauterina à água segura. Os autores analisaram a expansão progressiva de um programa rural de

provisão de água na China, responsável pela construção de estações de tratamento, com processos de purificação, e pela instalação da infraestrutura de distribuição necessária para levar água tratada diretamente aos domicílios rurais. Eles demonstraram que os ganhos associados ao acesso à água encanada sobre a altura para idade, um indicador chave de saúde infantil, se originam principalmente durante a gestação, com efeitos adicionais bastante modestos após o nascimento.

Assim, os resultados obtidos indicam que a exposição intrauterina à água tratada se traduz em ganhos substanciais de altura: crianças expostas durante a gestação apresentam, em média, cerca de 4 cm a mais entre 1 e 11 anos de idade, em comparação com pares de mesma idade e sexo sem essa exposição. Embora o efeito persista na adolescência (5–15 anos), ele se reduz para cerca de 2,6 cm, sugerindo algum grau de recuperação do crescimento ao longo do tempo. A intervenção também melhora outros indicadores de saúde: diminui a probabilidade de baixo peso ao nascer, reduz a incidência de doenças e a necessidade de consultas médicas no primeiro ano de vida e leva a quedas significativas em enfermidades digestivas não veiculadas pela água, como as gastroenterites. Por outro lado, não se detectam efeitos estatisticamente significativos sobre doenças tipicamente transmitidas pela água, como diarreia e febre tifoide.

Embora a literatura recente documente efeitos positivos de programas descentralizados de acesso à água — como cisternas domiciliares e expansões rurais de água tratada —, há relativamente menos evidência empírica sobre os impactos de grandes projetos de infraestrutura hídrica inter bacias sobre desfechos de saúde neonatal. Nesse contexto, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) representa uma intervenção distinta, tanto em escala quanto em desenho institucional, ao buscar garantir o abastecimento contínuo de água potável a centros urbanos e sistemas municipais de distribuição nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Paraíba e Pernambuco, com o objetivo explícito de mitigar os efeitos recorrentes da escassez hídrica no semiárido brasileiro.

Diferentemente de políticas focalizadas diretamente no meio rural ou no domicílio, como as cisternas, o PISF opera por meio da ampliação da oferta hídrica regional e da estabilização dos sistemas públicos de abastecimento. Ainda assim, ao reduzir a frequência de racionamentos, a incerteza quanto ao acesso à água e a exposição a choques hídricos prolongados, o projeto pode afetar indiretamente condições de vida, saúde materna e estresse ambiental durante a gestação. Nesse sentido, este trabalho se insere na literatura ao investigar se a chegada das águas do PISF produziu efeitos mensuráveis sobre o peso ao nascer — um dos principais indicadores de saúde neonatal — na região de Campina Grande, historicamente marcada por severas restrições hídricas. Ao fazê-lo, a pesquisa contribui para compreender se políticas de infraestrutura hídrica em larga escala podem gerar impactos relevantes sobre desfechos ao nascimento, mesmo quando não concebidas explicitamente como intervenções na área da saúde.

Em resumo, a literatura revisada evidencia, de forma consistente, a relevância de investigar os efeitos da escassez hídrica sobre a saúde neonatal, especialmente em regiões marcadas por vulnerabilidade social e climática. A Tabela 1 apresenta a comparação dos principais resultados obtidos em cada um dos estudos citados. Destaca-se que a compreensão dos mecanismos fisiológicos e das condições ambientais que moldam esses desfechos deve continuar a ser aprofundada. Para isso, os estudos que analisam intervenções de acesso à água, como tratadas nos tópicos finais desta revisão, oferecem uma importante base teórica e empírica. Nesse sentido, Da Mata et al. (2023) surgem como principal referência e motivação desta pesquisa, ao demonstrar, de forma clara, como melhorias na disponibilidade de água durante a gestação podem gerar ganhos substanciais na saúde ao nascer.

Tabela 1 – Literatura Base

Título	Autor(es) e Ano de Publicação	Período de Análise	País de Análise	Objetivo(s)	Resultados Principais
Effects of drought on infant mortality in China	Lin, Liu e Xu (2020)	1962-1986	China	Examinar o efeito dos choques de chuva na saúde infantil contemporânea e nos resultados socioeconômicos de longo prazo na China.	Choques negativos de chuva aumentam a mortalidade infantil e reduzem o peso ao nascer. No longo prazo, aqueles expostos à seca durante a infância apresentam menores rendimentos e piores condições de moradia.
Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semi-arid	Rocha e Soares (2015)	1996 - 2010	Brasil	Analisar o impacto das flutuações de precipitação durante o período gestacional na saúde ao nascer no semiárido brasileiro.	Os choques negativos de precipitação estão fortemente correlacionados com maior mortalidade infantil, menor peso ao nascer e períodos gestacionais mais curtos.
Climate adaptation policies and infant health: Evidence from a water policy in Brazil	Da Mata et al. (2023)	2011-2017	Brasil	Estudar como a exposição intrauterina à adaptação climática e ao 'Programa Cisternas' afetam os resultados do nascimento.	Cada semana adicional de exposição intrauterina às cisternas está associada a um efeito positivo no peso médio ao nascer de cerca de 1,7 gramas.
Beyond boiling: The effect of in utero exposure to treated tap water on childhood health	Li e Xiao (2023)	2015 - 2020	China	Investigar os efeitos da exposição in útero à água potável tratada sobre a saúde infantil em áreas rurais da China.	Crianças expostas à água tratada no útero são, em média, 4 cm mais altas entre 1 e 11 anos de idade em comparação com crianças da mesma idade e gênero sem essa exposição. A exposição intrauterina à água tratada também levou à redução da probabilidade de baixo peso ao nascer.

Fonte: Elaboração própria.

3. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL

O acesso à água potável é um direito humano fundamental e um dos pilares do desenvolvimento social, econômico e sanitário de uma população. A limitação no acesso à água representa um dos principais entraves ao desenvolvimento e figura entre os fatores centrais que dificultam a superação da pobreza (CLARKE; KING, 2005). Esse recurso é indispensável a múltiplas atividades, desde o consumo humano até seu uso na agricultura, na indústria e na geração de energia. Contudo, a escassez de água constitui uma realidade marcante em diversas partes do mundo.

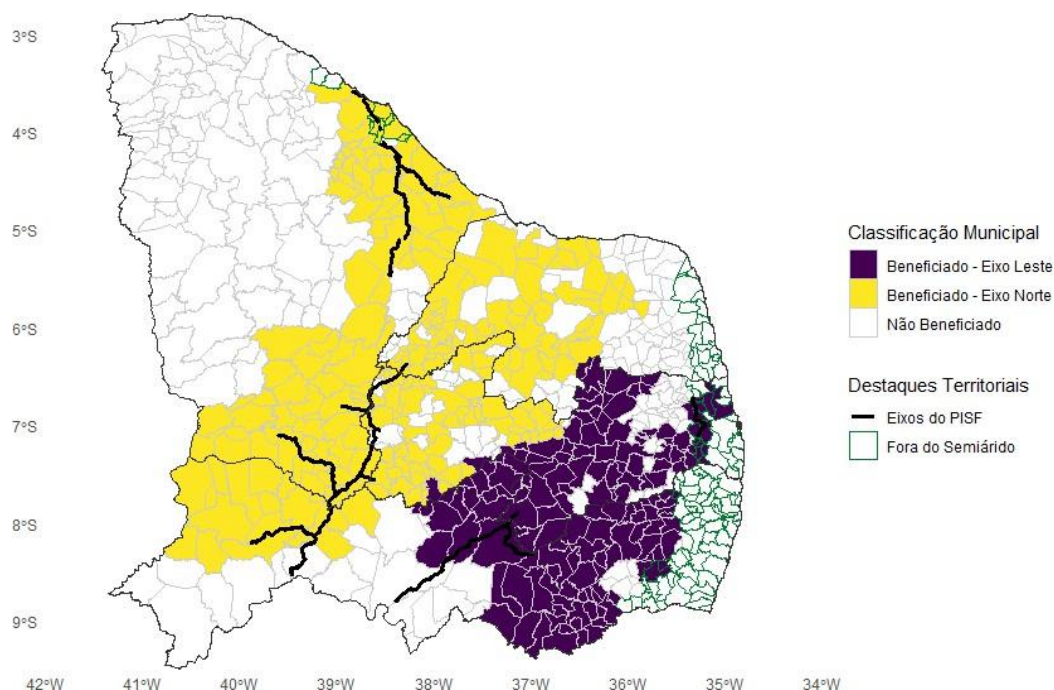
O Brasil, apesar de possuir uma das maiores quantidades de água doce do planeta, enfrenta forte desigualdade na distribuição desse recurso. Enquanto a região Amazônica reúne aproximadamente 80% das águas superficiais nacionais, o semiárido brasileiro convive com intensa carência hídrica, o que dificulta a manutenção das atividades humanas e das condições de vida. Essa região enfrenta severas limitações geográficas quanto à disponibilidade de recursos hídricos, ou seja, convive com baixos níveis de reservas naturais de água, altas temperaturas durante a maior parte do ano e chuvas escassas e irregulares, frequentemente inferiores a 900 mm anuais, intercaladas por longos períodos de seca e estiagem (ZANELLA, 2014). Historicamente, os políticos tentaram gerenciar a situação por meio da construção de reservatórios de água. No entanto, como a região também apresenta um alto índice de evaporação, os reservatórios acabam perdendo grande volume de água (ENGECORPS/HARZA, 2000).

3.1 O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)

Nesse cenário, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF – surgiu como uma iniciativa do governo federal para mitigar a escassez hídrica na região. Segundo a análise preliminar elaborada por ENGECORPS e HARZA (2000), o principal objetivo do PISF é garantir a oferta segura de água potável, em quantidade e qualidade adequadas, para abastecimento humano e atividades produtivas. O projeto, reconhecido como o maior projeto de infraestrutura hídrica já executado no Brasil, capta água do Rio São Francisco e a distribui para algumas bacias hidrográficas dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. O PISF é composto por dois grandes eixos de transferências de água e ramais associados: Eixo Norte, Eixo Leste, Ramal de Entremontes, Ramal do Agreste, Ramal do Salgado e Ramal do Apodi.

No total, o projeto compreende 477 km de extensão, incluindo treze aquedutos, nove estações de bombeamento, 28 reservatórios, nove subestações elétricas, 270 km de linhas de transmissão em alta tensão e quatro túneis. Segundo estimativas do governo federal, aproximadamente 12 milhões de pessoas, distribuídas em 398 municípios dos estados contemplados, serão beneficiadas (SARMENTO, 2018). O Eixo Leste possui 217 quilômetros de extensão, teve as obras principais concluídas em março de 2017 e visa distribuir água para 161 municípios dos estados de Pernambuco e da Paraíba. Já o Eixo Norte possui 260 km de extensão e visa atender 237 municípios de PE, CE, PB e RN. Dessa forma, 361 municípios ao longo desses quatro Estados não são beneficiados (Figura 1).

Figura 1 – Municípios beneficiados pelo PISF por Eixo.



Fonte: Elaboração própria com dados do MIDR e shapes do ANA.

As obras iniciaram-se em 2007, mas sofreram atrasos devido a questões ambientais, conflitos sociais e denúncias de irregularidades. Ainda assim, os eixos Norte e Leste avançaram e, a partir de 2017, alguns trechos passaram a operar parcialmente, beneficiando áreas críticas, como o sertão paraibano, e cidades próximas ao colapso hídrico, como Campina Grande. Esse avanço operacional pode ser observado na Tabela 2, que sistematiza, por município, as principais estruturas do PISF e as datas de início de operação.

Tabela 2 – Estruturas operacionais do PISF por município

Município	UF	Eixo / Ramal	Estrutura	Início da Operação
Custódia	PE	Leste	RES; Canal; EBV; SE; EC; AQD; Ponte	2017-03
Floresta	PE	Leste	Embocadura; EBV; SE; Canal; AQD; RES; EC; Ponte	2017-03
Monteiro	PB	Leste	Túnel; Canal; Adutora; Ponte	2017-03
Monteiro	PE	Leste	Ponte	2017-03
Sertânia	PE	Leste	AQD; Canal; RES; EBV; SE; EC; Galeria; Ponte	2017-03
Cabrobó	PE	Norte	Embocadura; EBV; SE; Canal; RES; EC; AQD; Ponte	2020-06
Penaforte	CE	Norte	Canal; Galeria; Ponte	2020-06
Salgueiro	PE	Norte	AQD; Canal; RES; EBV; SE; EC; Galeria; Túnel; Ponte	2020-06
Sertânia	PE	Ramal do Agreste	Canal; Sifão; Túnel; RES; EBV; SE; Adutora; Passarela	2021-06
Arcoverde	PE	Ramal do Agreste	Túnel; Canal; RES	2021-08
Brejo Santo	CE	Norte	Ponte; RES; EC; Canal	2022-01
Cajazeiras	PB	Norte	Canal; RES; EC; Ponte	2022-01
Jati	CE	Norte	Canal; RES; Ponte	2022-01
Mauriti	CE	Norte	Canal; AQD; Bueiro; Galeria; Túnel; Ponte	2022-01
São José de Piranhas	PB	Norte	Canal; RES; EC; Túnel; AQD; Ponte; Rápido	2022-01

Nota: EBV = Estação de Bombeamento; EC = Estrutura de Controle; RES = Reservatório; AQD = Aqueduto; SE = Subestação de Energia.

Fonte: Elaboração própria com informações do portal de acesso à informação, Fala.br.

Ademais, o funcionamento do PISF ocorre da seguinte maneira, a água é captada no Rio São Francisco por meio das tomadas d'água e segue por canais de adução que a conduzem ao longo do relevo. Em trechos que exigem travessias subterrâneas ou a superação de obstáculos naturais, utilizam-se túneis e aquedutos. Onde há desníveis, entram em operação as estações de bombeamento, permitindo que o fluxo avance até os reservatórios intermediários, responsáveis por regularizar a vazão e garantir segurança operacional (BRASIL, 2004). Ao alcançar os pontos de entrega — como açudes e barragens estaduais — inicia-se a etapa sob responsabilidade dos estados, que distribuem a água por meio de adutoras. Essas tubulações interligam reservatórios, estações de tratamento e redes de distribuição, assegurando o abastecimento das áreas urbanizadas.

Por fim, é importante ressaltar que o custo do PISF cresceu expressivamente desde sua concepção e envolve um volume significativo de recursos públicos. Na etapa de planejamento, a estimativa orçamentária apresentada por ENGECORPS e HARZA (2000) era de R\$ 2,7 bilhões. Entretanto, segundo o Tribunal de Contas da União (TCU) (2020), já foram investidos cerca de R\$ 17 bilhões na construção dos eixos de transposição, e estima-se a necessidade de mais R\$ 13 bilhões para obras complementares que possibilitem a interligação entre reservatórios e açudes da região, de modo a ampliar a cobertura da oferta hídrica.

Portanto, o Projeto de Integração do Rio São Francisco configura-se como uma tentativa histórica e ambiciosa de enfrentar a escassez hídrica no semiárido nordestino. Mais do que uma obra de engenharia, trata-se de uma política estrutural voltada à redução das vulnerabilidades associadas ao clima árido e à irregularidade das chuvas, buscando garantir segurança hídrica para populações que historicamente conviveram com incertezas no acesso à água.

3.2 A Dinâmica de Entrega de Água

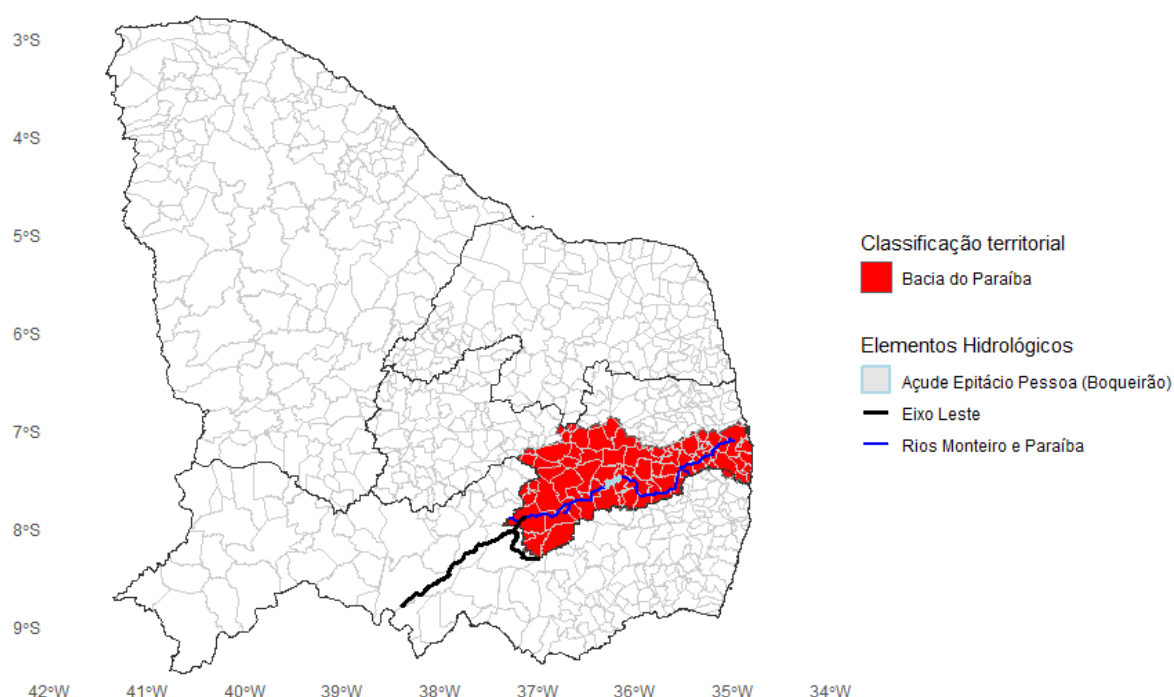
Embora o PISF seja frequentemente associado às estruturas físicas de canais e estações elevatórias, seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica não se restringem aos municípios diretamente interceptados pela infraestrutura do projeto. Na prática, a ampliação da oferta de água ocorre em escala hidrográfica, uma vez que a água transposta passa a integrar o sistema de rios, reservatórios e adutoras estaduais responsáveis pela distribuição final aos centros consumidores. Esse aspecto é fundamental para compreender por que os impactos do PISF podem se manifestar em municípios que não dispõem de obras físicas do projeto em seu território.

Do ponto de vista operacional, a responsabilidade da União se encerra nos chamados pontos de entrega, a partir dos quais a água passa a ser gerida e distribuída pelos estados. Após sua liberação nesses portais, o recurso hídrico pode seguir por leitos naturais de rios, açudes estratégicos e sistemas adutores estaduais, permitindo que os efeitos da transposição se propaguem ao longo da bacia receptora, conforme a infraestrutura e as decisões de gestão hídrica locais.

Esse mecanismo é particularmente evidente no caso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. A água proveniente do Eixo Leste do PISF é liberada na divisa entre Pernambuco

e Paraíba e segue pelo leito natural do Rio Paraíba, alcançando reservatórios estratégicos sob gestão estadual, como Camalaú, Eptácio Pessoa (Boqueirão) e Acauã, conforme o arranjo operacional definido pelo projeto (BRASIL, 2004; BRASIL, 2025), como mostrado na Figura 2. A partir desses reservatórios, a água passa a abastecer Campina Grande e municípios vizinhos, ainda que esses não sejam diretamente interceptados pelas estruturas físicas do projeto, sendo a distribuição final realizada pelas operadoras estaduais responsáveis pelo sistema adutor (MIDR, 2025).

Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba



Fonte: Elaboração própria com dados do MIDR e shapes do ANA.

A relevância dessa dinâmica para a presente pesquisa é reforçada pelo fato de que a Bacia do Paraíba foi uma das primeiras regiões a receber efetivamente as águas transpostas do PISF. Conforme apresentado na Tabela 3, o ponto de entrega, localizado na divisa entre Pernambuco e Paraíba, no Eixo Leste, iniciou suas operações em maio de 2017, permitindo o aporte imediato de água ao Rio Paraíba, sob gestão da operadora estadual. Em comparação com outros destinos do Eixo Leste, cujos pontos de entrega passaram a operar apenas a partir de 2018.

Tabela 3 – Pontos de entrega da água do PISF no Eixo Leste

Local	Município	UF	Eixo	Destino da água	Início da operação
Divisa PE/PB até galeria Monteiro	Monteiro	PB	Leste	Rio Paraíba - Operadora estadual, Sistema Isolado de Abastecimento de Água - SIAA e Pequenas comunidades agrícolas	2017-05-15
Reservatório Muquém	Floresta	PE	Leste	Açude Barra do Juá - Operadora estadual	2018-12-11
Reservatório Areias	Floresta	PE	Leste	Riacho Poço do Sol - Operadora estadual	2019-01-29
Reservatório Campos	Sertânia	PE	Leste	Rio Moxotó - Operadora estadual	2019-11-12
Reservatório Moxotó	Sertânia	PE	Leste	Operadora estadual	2020-01-07
Reservatório Campos	Sertânia	PE	Leste	Operadora estadual	2020-01-09
Reservatório Moxotó	Sertânia	PE	Leste	Rio Moxotó	2020-03-23
Reservatório Barro Branco	Sertânia	PE	Leste	Ramal do Agreste - Operadora estadual	2021-01-18
Entre reservatório Copiti e reservatório Moxotó	Custódia	PE	Leste	Pequeno usuário e Sistema Isolado de Abastecimento de Água - SIAA	2022-06-10
Entre reservatório Copiti e reservatório Moxotó	Sertânia	PE	Leste	Pequeno usuário e Sistema Isolado de Abastecimento de Água - SIAA	2023-10-17
Reservatório Copiti	Custódia	PE	Leste	Açude Poço da Cruz - Operadora estadual	2023-12-13
Entre EBV-1 e reservatório Areias	Floresta	PE	Leste	Pequeno usuário e Sistema Isolado de Abastecimento de Água - SIAA	2024-02-09
Reservatório Mandantes	Floresta	PE	Leste	Riacho dos Mandantes	2025-03-24

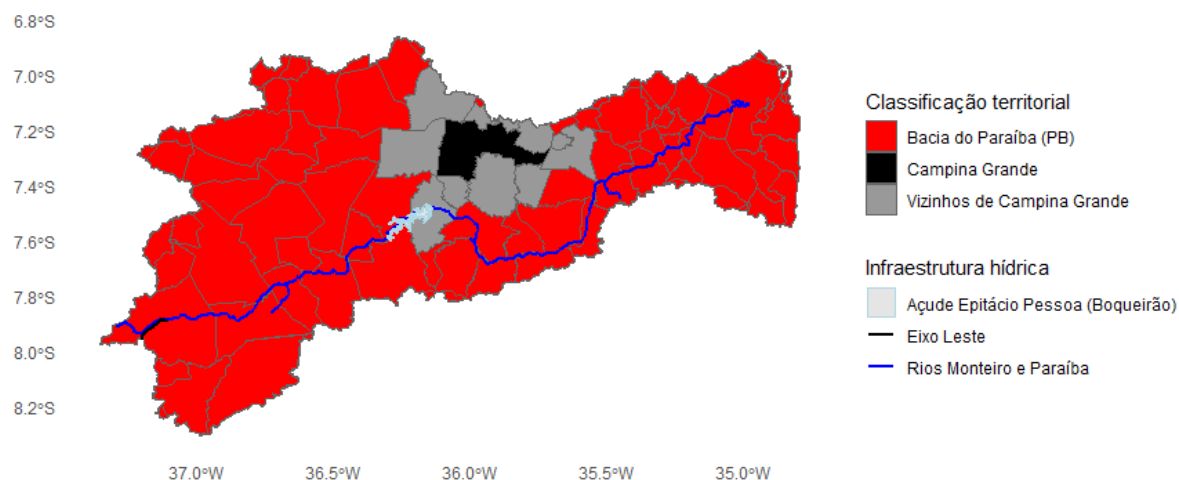
Fonte: Elaboração própria com informações do portal de acesso à informação, Fala.br

3.3 A Bacia do Paraíba e o colapso hídrico de Campina Grande

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, localizada integralmente no estado da Paraíba, abrange uma área aproximada de 19.500 km², estendendo-se do litoral ao planalto da Borborema, onde predomina o clima semiárido. Representando cerca de 38% do território estadual e concentrando aproximadamente 52% da população paraibana, a bacia engloba importantes centros urbanos, como João Pessoa e Campina Grande, sendo esta última um polo regional de relevância econômica, industrial e educacional (RÊGO et al., 2015). A região caracteriza-se por baixos índices pluviométricos, elevadas taxas de evaporação e forte variabilidade climática, fatores que comprometem a regularidade da oferta de água.

Nesse contexto, o reservatório Epitácio Pessoa, também conhecido como açude de Boqueirão, constitui o principal manancial da bacia. Construído entre 1952 e 1956 pelo DNOCS, possui capacidade máxima de 411,7 milhões de metros cúbicos e desempenha papel estratégico no abastecimento de mais de meio milhão de habitantes distribuídos em 26 sedes municipais do Cariri e do Agreste paraibano (ANA, 2015), como retratado na Figura 3. Entretanto, sua localização em região de clima quente e seco, aliada a intervenções antrópicas no curso do rio, torna o reservatório altamente suscetível aos efeitos de secas prolongadas, que historicamente o colocam em situação recorrente de risco hídrico (LIMA et al., 2011).

Figura 3 – Município de Campina Grande e vizinhos abastecidos pelo Açude Boqueirão.



Fonte: Elaboração própria com dados do MIDR e shapes do ANA.

Entre 2012 e 2017, a região enfrentou a mais severa crise hídrica de sua história. Em dezembro de 2014, o volume de Boqueirão havia se reduzido a 23,9% de sua capacidade, chegando a apenas 5,3% dois anos depois, apesar do racionamento imposto. Em abril de 2017, o reservatório atingiu seu menor nível desde a inauguração, operando com apenas 2,9% do volume total (AESAs, 2017). Episódios semelhantes já haviam sido registrados, como o colapso hídrico de 1998–1999, que afetou criticamente o abastecimento de Campina Grande.

A gravidade desse cenário reforçou a necessidade de diversificar as fontes de suprimento hídrico, o que levou à incorporação do Eixo Leste ao Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Ausente nas primeiras versões do projeto, o Eixo Leste foi concebido nos anos 2000 para garantir o aporte hídrico ao rio Paraíba e, consequentemente, aos açudes Epitácio Pessoa e Acauã (BRITO, 2013). As obras foram concluídas em março de 2017, e, em abril do mesmo ano, as águas provenientes do Rio São Francisco alcançaram o reservatório.

O aporte promovido pelo PISF permitiu que Boqueirão saísse do volume morto, elevando seu nível para 8,2% e possibilitando a normalização gradual do abastecimento regional. Em agosto de 2017, a CAGEPA suspendeu o racionamento vigente desde 2014, após autorização conjunta da ANA e da AESA (Resolução nº 1292/2017). De acordo com os órgãos gestores, a transposição desempenhou um papel decisivo para evitar o colapso hídrico em Campina Grande e restabelecer a segurança no abastecimento.

Em março de 2019, o reservatório operava com aproximadamente 22,8% de sua capacidade (94 milhões de m³), e a contribuição do PISF tem sido fundamental para mitigar a vulnerabilidade da bacia às estiagens e assegurar maior estabilidade hídrica aos municípios atendidos.

4. METODOLOGIA

4.1 Base de Dados

A variável de resultado utilizada nesta pesquisa é o peso ao nascer. Ele é amplamente utilizado na literatura como indicador sintético da saúde fetal, por refletir tanto o crescimento intrauterino quanto a qualidade do ambiente gestacional. Nesse sentido, alterações abruptas na disponibilidade de água potável, como as observadas durante períodos de racionamento hídrico, constituem um canal plausível por meio do qual políticas de infraestrutura hídrica podem afetar a saúde fetal.

Para avaliar o impacto da chegada da água do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) sobre esse desfecho, utilizam-se microdados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), disponibilizados pelo Ministério da Saúde, que reúnem informações individuais sobre todos os nascimentos ocorridos no território nacional.

A base contempla todos os municípios localizados nos quatro estados beneficiados pelo PISF — Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará — e utiliza informações referentes ao período de 2010 a 2021. A escolha desse horizonte temporal está diretamente associada ao contexto institucional discutido na seção anterior, pois permite observar a trajetória do peso ao nascer antes do início do racionamento hídrico enfrentado pela região da Bacia do Paraíba, durante o período crítico de escassez (2014–2017) e após a chegada efetiva das águas do PISF pelo Eixo Leste, ocorrida em abril de 2017.

O SINASC contém, entre outras informações, a data de nascimento, o município de nascimento, o município de residência da mãe, a duração da gestação e algumas características maternas. Essas variáveis permitem acompanhar a evolução dos desfechos de saúde neonatal ao longo do tempo e entre diferentes localidades, além de serem fundamentais para a definição correta da exposição à política pública analisada.

Por fim, foram utilizados dados geoespaciais disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), incluindo arquivos de limites de bacias hidrográficas, de cursos d'água, de reservatórios e da infraestrutura do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Esses *shapefiles* permitiram identificar com precisão os municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, bem como aqueles cortados pelo leito do rio ou conectados aos principais reservatórios do sistema. A incorporação dessas informações espaciais foi fundamental para a definição dos grupos

de tratamento e de controle, garantindo coerência entre o recorte territorial adotado na estratégia empírica e a dinâmica hidrológica descrita no arcabouço institucional.

4.2 Estratégia Empírica

A definição dos grupos de tratamento está diretamente ligada à forma como ocorreu a chegada das águas do PISF no estado da Paraíba. A liberação inicial do Eixo Leste, em abril de 2017, teve como objetivo imediato evitar o colapso hídrico da região de Campina Grande, que enfrentava racionamento severo após sucessivos anos de estiagem.

Entretanto, após sua liberação na divisa entre Pernambuco e Paraíba, a água transposta passou a seguir o leito natural dos Rios Monteiro e Paraíba, alcançando reservatórios estratégicos e sendo progressivamente distribuída aos municípios localizados ao longo do curso do rio e, de forma mais ampla, a aqueles inseridos na Bacia Hidrográfica do Paraíba. Assim, embora o aporte inicial tenha sido motivado pela situação crítica de Campina Grande, seus efeitos se estenderam a outros municípios da bacia.

Com base na trajetória da água e no contexto de escassez extrema enfrentado pela região, a estratégia empírica considera três definições alternativas de grupo de tratamento. O primeiro grupo é composto por Campina Grande e seus municípios vizinhos (CGV), diretamente abastecidos pelo reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), totalizando 7 municípios. O segundo grupo inclui 17 municípios beneficiados pelo PISF localizados ao longo dos cursos dos rios Paraíba e Monteiro (BPM). Por fim, o terceiro grupo de tratamento é composto por municípios beneficiados pelo PISF pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BBP), totalizando 72 municípios.

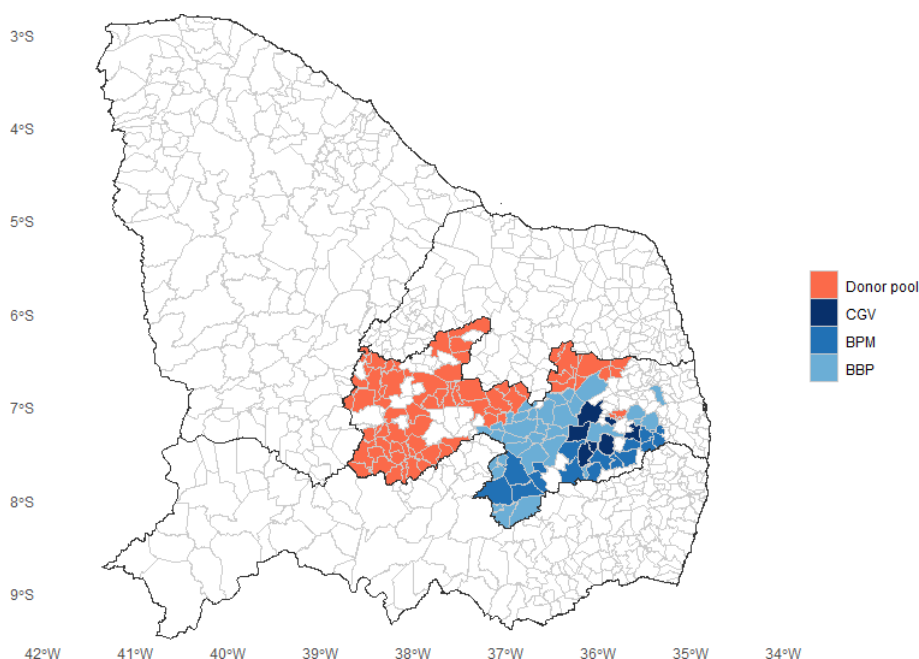
A estratégia empírica parte de um modelo de diferenças em diferenças, que compara a evolução do peso ao nascer nos municípios tratados antes e depois da chegada das águas do PISF com a observada em municípios não tratados. Para que esse método seja válido, é necessário que os grupos de tratamento e controle apresentem trajetórias paralelas no período pré-intervenção.

No entanto, a escolha de grupos de controle adequados constitui um desafio central desta pesquisa. Idealmente, os municípios utilizados para comparação deveriam apresentar trajetórias paralelas às dos municípios tratados antes da chegada das águas do

PISF. No semiárido nordestino, os municípios se parecem em suas características sociais, como se vê na Tabela 4. Porém, eles diferem em relação a trajetória do peso ao nascer. Essa diferença dificulta a identificação de um grupo de comparação naturalmente semelhante aos municípios tratados.

Diante disso, a análise considera como um potencial grupo de controle, classificado como *donor pool*, o conjunto de municípios do Estado da Paraíba que, embora beneficiados pelo PISF e inseridos no semiárido, não pertencem a bacia do Rio Paraíba (BPB). Além disso, escolha por este grupo também atende outro a exigência de que nenhum município do *pool* tenha sido contaminado pelo tratamento durante o período de análise. De acordo com a Tabela 3, o segundo momento de intervenção no Estado da Paraíba ocorre somente no ano de 2022, um ano após o fim do período escolhido.

Figura 4 – *Pool* de Beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB)



Nota: Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV); Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM); e Municípios Beneficiados das Bacias do Paraíba (BBP);

Fonte: Elaboração própria com dados do MIDR e shapes do ANA.

A Tabela 4 reúne indicadores socioeconômicos médios por município em cada conjunto analisado. A população, a renda per capita e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) correspondem a médias municipais calculadas a partir do conjunto de municípios de cada região. De forma análoga, a proporção da população rural representa a razão entre a população rural média e a população total média de cada grupo.

Tabela 4 – Indicadores socioeconômicos

Regiões	Núm. de municípios	População	Proporção da Pop. Rural	Renda per capita	IDH
<i>Donor Pool</i>					
Municípios Beneficiados do Estado da Paraíba (BPB)	74	11,794.96	0.325	285.13	0.594
Tratamentos					
Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP)	72	19,226.78	0.284	285.71	0.591
Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM)	17	11,306.65	0.439	266.03	0.582
Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV)	7	18,545.57	0.458	316.30	0.6138

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE 2010.

Como já dito anteriormente, em termos de indicadores socioeconômicos, observa-se elevada proximidade entre os grupos de tratamento e o controle. O IDH médio apresenta variações reduzidas entre os grupos, situando-se em patamares muito semelhantes, o que indica níveis comparáveis de desenvolvimento humano e condições gerais de vida. De forma análoga, a renda per capita média mostra valores próximos entre a maior parte dos grupos analisados, sugerindo estruturas econômicas relativamente similares. A proporção da população rural também se mantém em níveis próximos, refletindo padrões demográficos e produtivos comparáveis. De modo geral, os indicadores apontam para um contexto de baixo desenvolvimento socioeconômico médio em todos os grupos considerados, refletido pelos níveis de renda per capita e IDH, o que sugere a presença de condições estruturais adversas comuns à região analisada.

As Tabelas 5 e 6, por sua vez, apresenta indicadores relacionados aos nascimentos e ao peso ao nascer, a primeira trazendo esses indicadores no período anterior à intervenção (2010-2016) e segunda para o período posterior à intervenção (2017-2021). O número de nascimentos corresponde ao total de nascidos vivos observados em cada período analisado para cada conjunto de municípios, enquanto o peso médio representa a média do peso ao nascer agregado ao nível municipal e anual e ponderado pelo número de nascimentos para cada região nos dois intervalos temporais.

Tabela 5 – Indicadores de Nascimento e Peso Antes da Intervenção

Regiões	Num. De Nascimentos	Peso Médio	Desvio do Peso	Peso Máx	Peso Min
<i>Donor Pool</i>					
Municípios Beneficiados do Estado da Paraíba (BPB)	85.347	3.263,99	76,27	6.326	100
<i>Tratamentos</i>					
Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV)	14.685	3.291,75	50,47	5.435	210
Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM)	20.092	3.292,9	68,2	6.959	240
Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP)	149.432	3.253,21	54,31	6.959	100

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC 2010–2016.

Os indicadores apresentados nas Tabelas 5 e 6 revelam elevada proximidade entre os grupos de municípios no período anterior à intervenção termos de peso médio ao nascer. Os valores médios de peso ao nascer situam-se em patamares semelhantes entre os diferentes conjuntos regionais, com diferenças relativamente pequenas quando comparados entre si, sugerindo condições iniciais comparáveis no que diz respeito à saúde ao nascimento. No período posterior à intervenção, observa-se a manutenção dessa proximidade entre os grupos, com pesos médios ao nascer que permanecem concentrados em intervalos estreitos. Embora pequenas variações nos níveis médios e na dispersão do peso ao nascer possam ser identificadas entre os conjuntos regionais — inclusive entre os grupos com maior peso urbano, como Campina Grande e municípios vizinhos —, tais diferenças não alteram substancialmente o padrão geral de similaridade entre os grupos.

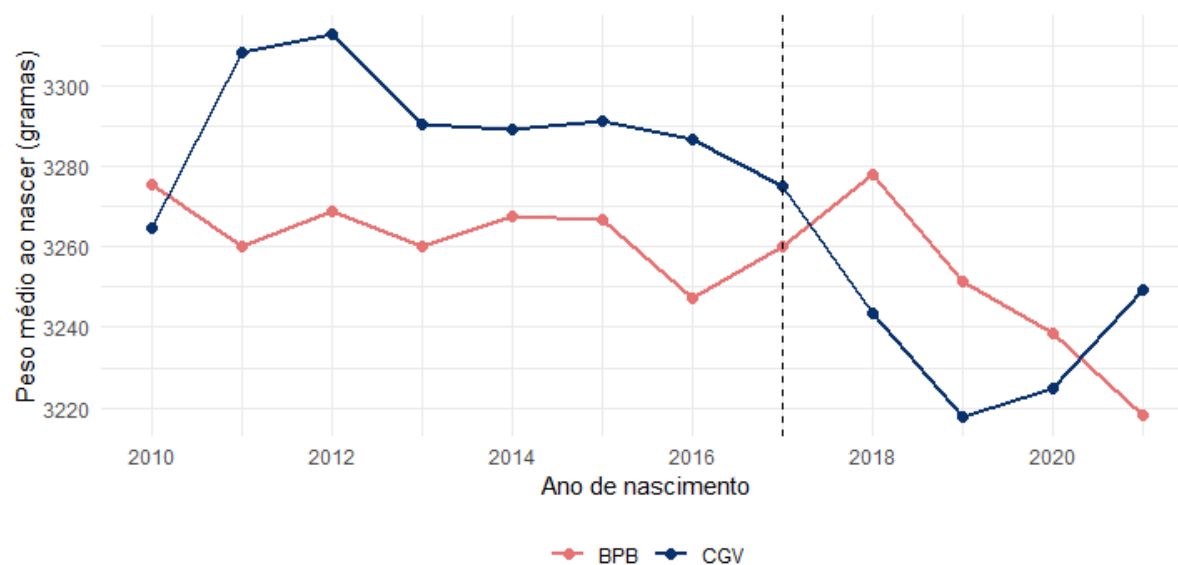
Tabela 6 – Indicadores de Nascimento e Peso Depois da Intervenção

Regiões	Num. De Nascimentos	Peso Médio	Desvio do Peso	Peso Máx	Peso Min
<i>Donor Pool</i>					
Municípios Beneficiados do Estado da Paraíba (BPB)	58.803	3.249,61	84,62	6.315	129
Tratamentos					
Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV)	10.233	3.241,80	44,62	6.340	112
Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM)	14.766	3.262,25	51,34	6.340	238
Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP)	105.572	3.231,03	45,89	5.580	253

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC 2017–2021.

No entanto, a proximidade dos valores médios não garante, por si só, que as trajetórias ao longo do tempo sejam paralelas. Assim, para avaliar se esses conjuntos de municípios podem de fato servir como bons contrafactuais, torna-se necessário examinar a evolução anual do peso médio ao nascer no período pré-intervenção.

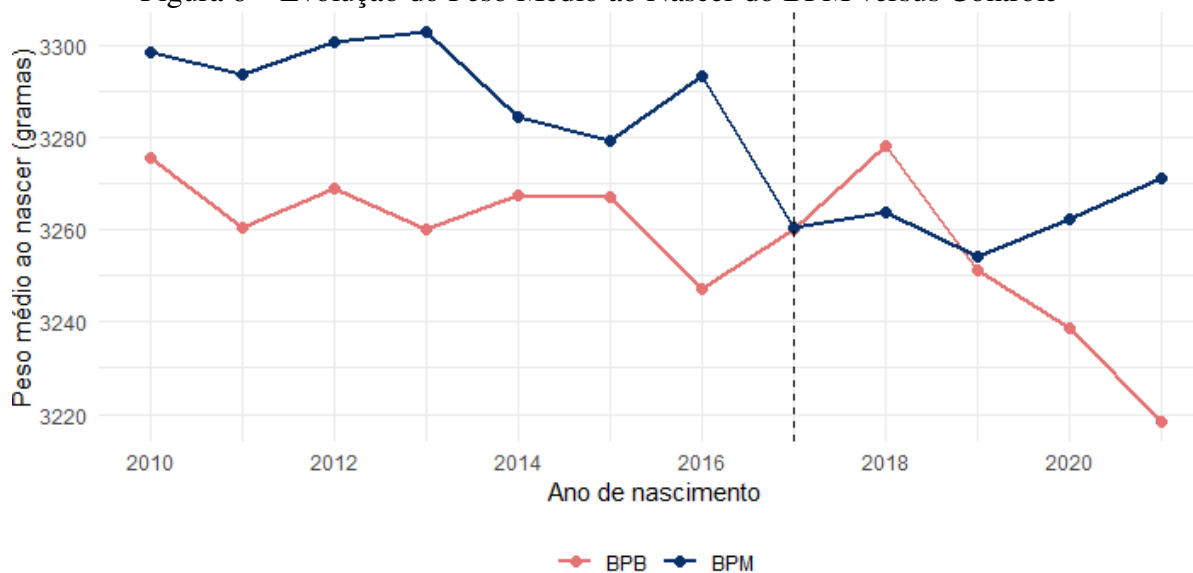
Figura 5 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do CGV versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). E o grupo de tratamento são os Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

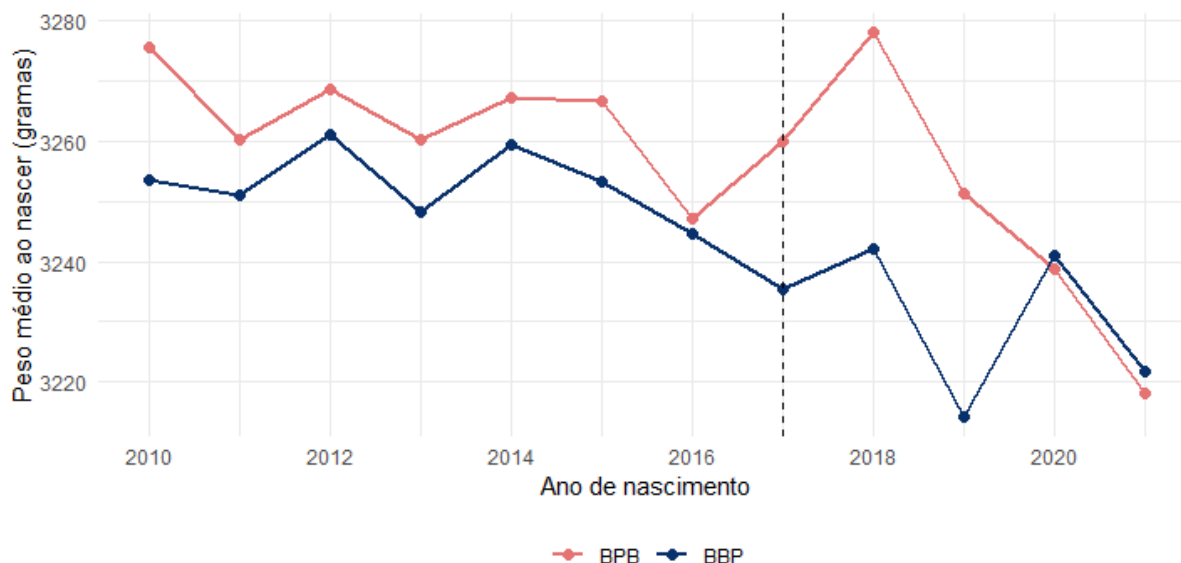
Figura 6 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do BPM versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB) e o grupo de tratamento são os Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Figura 7 – Evolução do Peso Médio ao Nascer do BBP versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). E o grupo de tratamento são os Municípios Beneficiados das Bacias do Paraíba (BBP).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

A análise gráfica das trajetórias médias do peso ao nascer, ponderadas pelo número de nascimentos, no período pré-intervenção indicam que os diferentes grupos de tratamento apresentam trajetórias e inclinações diferentes do *pool* de controle. Embora esse grupo compartilhe características relevantes com os municípios tratados, como localização no semiárido e potencial exposição à política, suas dinâmicas temporais não coincidem plenamente.

Esse comportamento reflete dinâmicas específicas dos municípios tratados, fortemente associadas ao colapso hídrico enfrentado na região de Campina Grande e à posterior recomposição da oferta de água. Como resultado, há indícios de que a hipótese de tendências paralelas pode não se sustentar de forma convincente neste contexto, o que limita a validade de um modelo canônico de diferenças-em-diferenças. Assim, reforça-se a necessidade de uma abordagem que permita construir um contrafactual mais próximo da trajetória pré-intervenção dos municípios tratados.

Diante dessas limitações, a estratégia empírica adota o método de diferenças-em-diferenças sintético (*synthetic difference-in-differences*). Inicialmente, Abadie e Gardeazabal (2003) apresentaram uma técnica estatística que cria um grupo de controle "sintético" combinando a unidade de controle semelhante à unidade de tratamento em

todas as características relevantes. O grupo de controle sintético é construído para corresponder o mais fielmente possível aos resultados pré-tratamento da unidade tratada. O efeito do tratamento é então estimado comparando os resultados pós- tratamento da unidade tratada com os do grupo de controle sintético.

Posteriormente, Arkhangelsky et al. (2021) propuseram o DiD sintético, que combina o método de controle sintético com a abordagem de diferenças em diferenças. Nesse método, um grupo de controle sintético é construído com a mesma abordagem do método de controle sintético. No entanto, o efeito do tratamento é estimado comparando-se a mudança nos resultados entre a unidade tratada e o grupo de controle sintético antes e depois da introdução do tratamento. Essa abordagem permite uma estimativa mais robusta do efeito do tratamento, levando em consideração as diferenças preexistentes entre os grupos de tratamento e controle. Isso ocorre porque na estimação por controle sintético apenas, as diferenças de nível na variável de resultado não são consideradas na estimação. Após a intervenção, o resultado estimado tende a ser fruto desta diferença prévia de nível, e não de um verdadeiro efeito causal.

Dessa forma, o método de diferenças em diferenças com controle sintético mostra-se mais adequado para esta pesquisa, pois permite construir um contrafactual que reproduz, de forma mais próxima, a trajetória do peso ao nascer dos municípios tratados no período pré-intervenção. Ao alinhar a trajetória prévia dos municípios tratados, o controle sintético reduz problemas associados à violação da hipótese de tendências paralelas e possibilita uma identificação mais convincente do efeito da ampliação do acesso à água potável sobre o peso ao nascer.

Portanto, a equação do modelo é dada por:

$$(\hat{\tau}_{sdid}, \hat{\mu}, \hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \arg \min_{\tau, \mu, \alpha, \beta} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_{it} - \mu - \alpha_i - \beta_t - W_{it}\tau)^2 \hat{\omega}_i \hat{\lambda}_t \quad (1)$$

onde Y_{it} representa o peso médio ao nascer, em gramas, no município i no ano t ; μ é o intercepto comum a todos os municípios; α_i corresponde aos efeitos fixos municipais, que capturam características não observáveis e invariantes no tempo; e β_t representa os efeitos fixos de ano, controlando para choques agregados comuns a todos os municípios, como

políticas nacionais. A variável W_{it} é um indicador binário de tratamento, que assume valor igual a 1 para os municípios pertencentes ao grupo de tratamento após a chegada das águas do PISF, e 0 caso contrário. O parâmetro τ é o principal coeficiente de interesse e mede o efeito causal médio da ampliação do acesso à água do PISF sobre o peso ao nascer nos municípios tratados. Os termos ω_i e λ_t correspondem, respectivamente, aos pesos atribuídos às unidades de controle e aos períodos de tempo. Esses pesos são estimados de forma a reproduzir, o mais fielmente possível, a trajetória do peso ao nascer dos municípios tratados no período pré-intervenção, permitindo a construção de um contrafactual sintético que serve como grupo de comparação.

Por fim, os microdados do SINASC foram agregados ao nível municipal e anual e ponderados pelo número de nascimentos, a partir do cálculo de estatísticas descritivas do peso ao nascer, como média, mediana e percentis. A ponderação se justifica pela elevada heterogeneidade no volume de nascimentos entre municípios, uma vez que observações com poucos nascidos vivos tendem a apresentar maior variância amostral da média em comparação àquelas com maior número de registros, o que pode afetar a precisão das estimativas. Com base nesses dados agregados, estima-se o efeito da intervenção por meio de um modelo de diferenças-em-diferenças sintético, com inferência conduzida via *bootstrap*, que fornece os resultados principais do estudo. Como exercícios de robustez, são realizados uma estimação utilizando inferência por placebo e uma análise de heterogeneidade por sexo.

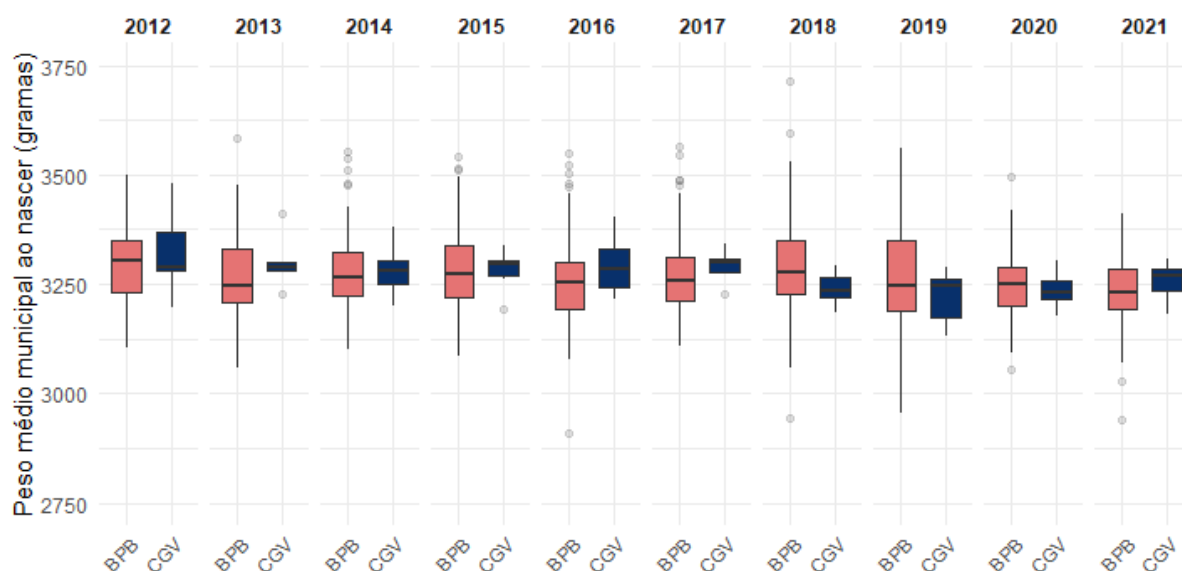
5. RESULTADOS

5.1 Análise Descritiva

Com o objetivo de verificar se as diferenças observadas nas trajetórias do peso médio ao nascer poderiam estar associadas à presença de valores extremos, as Figuras 7, 8 e 9 apresentam *boxplots* do peso médio municipal ao nascer para os grupos de tratamento e controle, no período de 2012 a 2021. O recorte temporal inicia-se em 2012, por ser o momento a partir do qual se observa uma queda mais acentuada no peso médio ao nascer, o que antecede o período de racionamento hídrico enfrentado pela região de Campina Grande.

Os *boxplots* (Figuras 8, 9 e 10) indicam que, embora existam observações extremas em todos os grupos — como esperado em dados agregados a nível municipal — esses valores estão distribuídos de forma relativamente homogênea ao longo do tempo e entre os grupos. Não se observa concentração de outliers em anos específicos nem nos grupos tratados, tampouco mudanças abruptas na dispersão que, por si sós, expliquem as diferenças nas trajetórias médias do peso ao nascer.

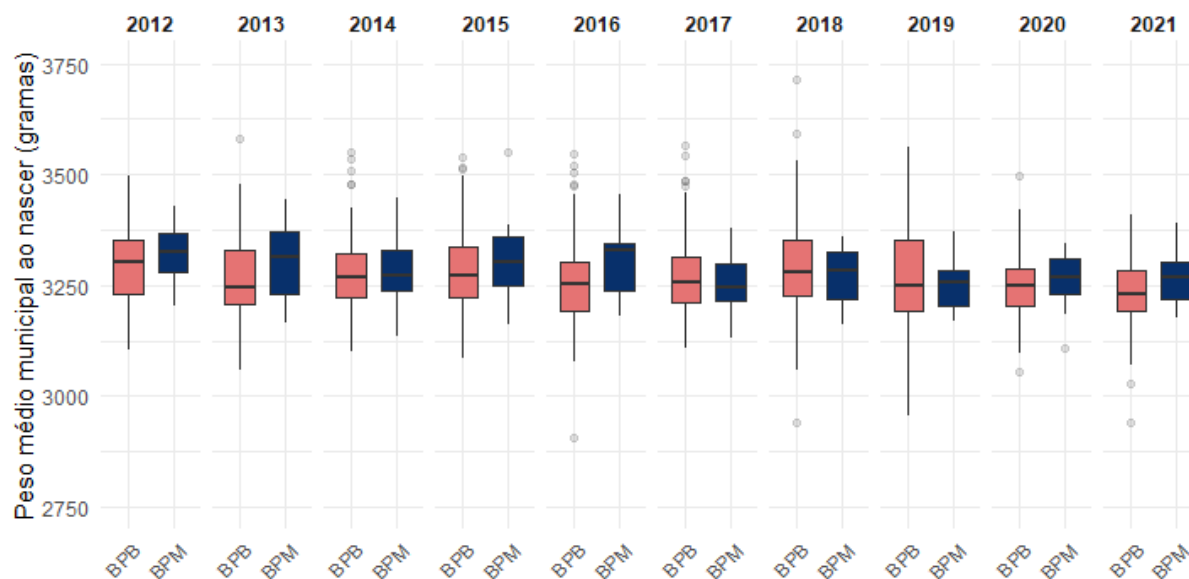
Figura 8 – Distribuição do Peso Médio Municipal ao Nascer do CGV versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). E o grupo de tratamento são os Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2012-2021.

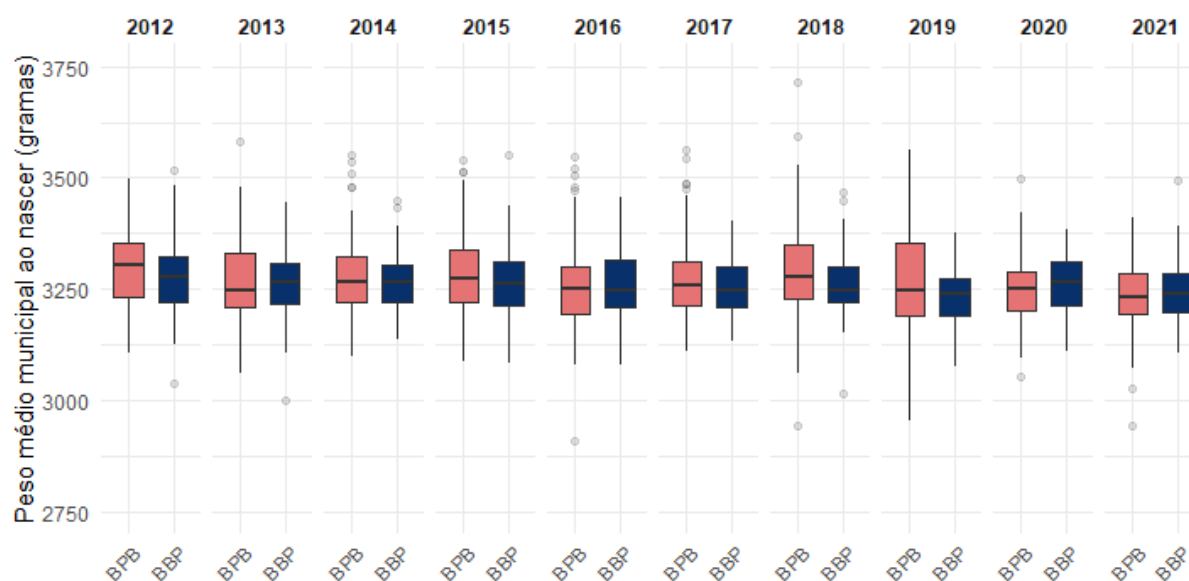
Figura 9 – Distribuição do Peso Médio Municipal ao Nascer do BPM versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). E o grupo de tratamento são os Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2012-2021.

Figura 10 – Distribuição do Peso Médio Municipal ao Nascer do BBP versus Controle



Nota: O *Pool* é o grupo de beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). E o grupo de tratamento são os Municípios Beneficiados das Bacias do Paraíba (BBP).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2012-2021.

Esse resultado é consistente com a evidência apresentada nas Figuras 5, 6 e 7: as diferenças entre os grupos não decorrem de valores atípicos, mas de dinâmicas temporais distintas no período pré-intervenção. Enquanto os grupos de controle apresentam trajetórias estáveis e inclinações semelhantes, os grupos tratados exibem padrões próprios, fortemente influenciados pelo colapso hídrico e pela subsequente chegada das águas do PISF. Assim, os *boxplots* reforçam que o desafio empírico não reside na presença de outliers, mas na dificuldade de reproduzir adequadamente a trajetória prévia dos municípios tratados, o que sustenta a necessidade de construir um controle sintético no contexto de um modelo de diferenças em diferenças.

5.2 Estimação

A Tabela 7 apresenta as estimativas médias da diferença no peso ao nascer entre cada grupo de tratamento e *pool* de controle considerado. Os valores reportados correspondem aos coeficientes médios estimados, enquanto os erros-padrão estão apresentados entre parênteses.

Tabela 7 – Estimativas do Efeito do Programa sobre a Média do peso ao nascer por grupo de tratamento

Tratamento	Peso
CGV	-25.299 (16.539)
Observações	972
Nº de Tratamentos	84
BPM	-22.700 (14.754)
Observações	1.092
Nº de Tratamentos	204
BBP	-4.032 (8.875)
Observações	1.560
Nº de Tratamentos	672

Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP); O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Figura 11 – Peso Médio Estimado ao longo do tempo dos Tratamentos versus Controle



Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), para os grupos de Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e para os grupos de Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP), todos semelhantes as informações da sua respectiva linha na Tabela 7; O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB). O Lambda representa o peso do modelo sintético na estimação: quanto mais próximo ao zero, maior a necessidade de ajuste no *pool* para a seleção de controles que fossem semelhantes ao tratamento pela variável dependente defasada.

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Os resultados obtidos não indicam evidências estatisticamente significativas na estimação. Em todas as comparações, os coeficientes estimados são negativos, mas não significativos. Isso acontece para os três modos de tratamento, desde o mais restrito até aquele que abrange a maior parte da área

Os resultados obtidos nos três grupos de tratamento, que não encontram efeito da chegada das águas do PISF sobre o peso médio ao nascer, vão na direção oposta dos resultados encontrados por Da Mata et al. (2023) e Li e Xiao (2023), que identificam efeitos positivos da exposição intrauterina à água potável sobre o peso ao nascer. Uma interpretação plausível para esse achado está relacionada à intensidade e à duração do colapso hídrico enfrentado por essa região entre 2014 e 2017. Campina Grande esteve sujeita a um dos períodos mais severos e prolongados de racionamento de água do semiárido nordestino, o que pode ter gerado efeitos persistentes sobre as condições de saúde materna e fetal, não revertidos de forma imediata com a recomposição parcial da oferta hídrica.

Ademais, outro fator potencialmente relevante diz respeito à qualidade da água. Conforme discutido por Lobo et al. (2025), os reservatórios do semiárido nordestino são particularmente suscetíveis à eutrofização e à proliferação de algas, em razão das altas temperaturas, longos períodos de seca e baixa renovação hídrica. Evidências apresentadas por Currie et al. (2013) indicam que a exposição intrauterina à água contaminada pode gerar efeitos negativos sobre o peso ao nascer, especialmente entre mães em situação de maior vulnerabilidade socioeconômica, o que oferece uma possível interpretação para os sinais negativos observados nesses grupos.

Em síntese, os resultados não indicam evidência significativa para os grupos de tratamento formados. Esses achados apontam para uma necessidade de investigar se essas conclusões são sensíveis à medida de tendência central adotada e à posição na distribuição do peso ao nascer, o que motiva a realização das análises de robustez apresentadas na subseção seguinte.

5.3 Heterogeneidades ao Longo da Distribuição

Embora a análise anterior tenha se concentrado no efeito médio da chegada das águas do PISF sobre o peso ao nascer, essa abordagem pode ocultar heterogeneidades relevantes ao longo da distribuição do desfecho. Em particular, choques associados à escassez ou à ampliação da oferta hídrica podem afetar de forma distinta recém-nascidos mais vulneráveis, situados na cauda inferior da distribuição, e aqueles localizados nos quantis superiores. Dessa forma, esta subseção apresenta análises dos efeitos considerando outras medidas associadas ao peso ao nascer, como mediana, percentil 10 e percentil 90.

Os resultados referentes à mediana do peso ao nascer indicam efeitos negativos e estatisticamente significativos associados à chegada das águas do PISF para o grupo de tratamento composto por Campina Grande e municípios vizinhos (CGV). A especificação para esse grupo é negativa e significativa a 5%, com aproximadamente -39 gramas, o que sugere uma redução consistente no peso mediano ao nascer nos municípios tratados. O tratamento formado por municípios beneficiados e cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) também apresenta coeficientes negativos, com significância estatística a 5% quando estimado, indicando redução de 30,53 gramas. Esses resultados são contraintuitivos e apontam para efeitos adversos relevantes sobre o peso mediano ao nascer.

Tabela 8 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre a Mediana, Percentil 10 e Percentil 90 do Peso ao Nascer, por grupo de Tratamento

Tratamento	Peso
CGV	
Mediana	-39.777** (17.823)
Percentil 10	-18.477 (36.635)
Percentil 90	-48.477*** (14.656)
Observações	972
Nº de Tratamentos	84
BPM	
Mediana	-30.537** (12.746)
Decil 10	-4.985 (31.463)
Decil 90	-10.456 (16.964)
Observações	1.092
Nº de Tratamentos	204
BBP	
Mediana	-13.098 (8.247)
Decil 10	13.226 (20.717)
Decil 90	-2.624 (10.589)
Observações	1.560
Nº de Tratamentos	672

Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP); O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Em contraste, o tratamento composto por municípios beneficiados e pertencentes à Bacia do Paraíba (BPB) apresenta coeficientes negativos sem significância estatística, sugerindo a ausência de evidências de impacto sobre a mediana do peso ao nascer.

Considerando o percentil 10, que representa o maior valor do peso ao nascer dos 10% dos recém-nascidos com menor peso— e, portanto, mais vulneráveis —, não se observam coeficientes estatisticamente significativos em nenhuma das especificações. Esses resultados indicam que a chegada das águas do PISF parece não ter alterado o valor do peso ao nascer na cauda inferior da distribuição.

O percentil 90 revela, novamente, efeitos negativos estatisticamente significativos a 1% no primeiro grupo de tratamento. Os coeficientes associados a esse grupo são elevados em magnitude e significativos, chegando a -40 gramas, o que indica uma redução consistente no peso ao nascer entre os municípios localizados na parte superior da distribuição. O segundo e o terceiro grupo de tratamento não apresentam coeficientes estatisticamente significativos, reforçando a evidência de que seus efeitos sobre o peso ao nascer são inexistentes quando se consideram os efeitos sobre a cauda superior da distribuição.

Dessa forma, a ausência de efeitos estatisticamente significativos sobre o peso médio ao nascer, combinada à presença de impactos negativos na mediana e no percentil superior da distribuição, sugere que a chegada das águas do PISF não gerou um deslocamento homogêneo da distribuição do peso ao nascer. Em contextos nos quais os efeitos do tratamento são heterogêneos ao longo da distribuição, a média tende a ser um estatístico pouco sensível, uma vez que alterações assimétricas podem se compensar, resultando em efeito médio nulo. Os resultados indicam, portanto, que os impactos do programa se manifestam de forma localizada em determinados segmentos da distribuição, afetando principalmente o centro e a cauda superior, sem alterar de maneira significativa a extremidade inferior.

Nesse sentido, a análise da mediana do peso ao nascer torna-se particularmente informativa, por representar o recém-nascido típico e ser menos sensível a valores extremos. Os resultados mostram reduções estatisticamente significativas na mediana dos dois primeiros grupos de tratamento e no percentil 90 do primeiro grupo, enquanto o percentil 10 permanece inalterado. Esse padrão sugere que a chegada das águas do PISF não provocou um deslocamento uniforme da distribuição do peso ao nascer, mas sim uma alteração em sua forma, com compressão da distribuição nas regiões central e superior. A estabilidade da cauda inferior indica que os recém-nascidos mais vulneráveis não foram afetados de maneira significativa, ao passo que os efeitos negativos concentram-se entre aqueles situados acima desse limiar, reforçando a presença de heterogeneidades distributivas nos impactos do programa.

Além da inferência baseada no *bootstrap*, são realizadas também inferências pelo método de placebo. Diferentemente do *bootstrap*, que atua exclusivamente sobre a inferência ao amostrar novamente os dados observados, o placebo introduz variação adicional ao alterar a alocação do tratamento, oferecendo uma avaliação mais exigente da robustez dos resultados.

Para o primeiro grupo de tratamento (CGV), os coeficientes médios permanecem não significativos. Os coeficientes da mediana, por sua vez, mantêm o nível de significância sob ambas as formas de inferência. Já os coeficientes associados ao percentil 90 passam a ser estatisticamente significativos ao nível de 10%. Em conjunto, esse padrão sugere que os efeitos estimados se concentram na tendência central e na parte superior da distribuição do peso ao nascer e são relativamente robustos à forma de inferência adotada. Em contraste, os resultados para o percentil 10 permanecem não significativos tanto no *bootstrap* quanto no placebo, indicando ausência de evidência estatística consistente de efeitos na cauda inferior da distribuição.

Para o segundo grupo de tratamento (BPM), observa-se um comportamento distinto. O coeficiente do peso médio ao nascer, quando estimado em relação ao primeiro *pool* de controle, passa a apresentar significância estatística ao nível de 10% sob a inferência por placebo, indicando uma redução aproximada de 23 gramas no peso médio ao nascer. De forma semelhante, o coeficiente associado à mediana também apresenta ganho de significância estatística no procedimento de placebo. Como a magnitude dos coeficientes permanece inalterada, essas mudanças decorrem exclusivamente de diferenças na estimação dos erros padrão, refletindo sensibilidade da inferência à forma como a variância é avaliada. Esse resultado sugere que, para esse grupo, a evidência estatística depende do método de inferência adotado, recomendando cautela na interpretação substantiva dos efeitos.

Tabela 9 – Estimativas do Efeito do Programa sobre a Média do Peso ao Nascer, por grupo de tratamento, com inferência baseada em placebos

Tratamento	Peso
CGV	-25.299
	(18.092)
Observações	972
Nº de Tratamentos	84
BPM	-22.700*
	(12.656)
Observações	1.092
Nº de Tratamentos	204
BBP	-4.032
	(13.025)
Observações	1.560
Nº de Tratamentos	672

Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *placebo* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP); O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Por fim, no terceiro grupo de tratamento (BBP), os coeficientes permanecem estatisticamente não significativos em todas as medidas e sob ambas as abordagens de inferência. A ausência de mudanças nos níveis de significância reforça a interpretação de que não há evidência de efeitos sistemáticos associados a esse grupo.

Em síntese, os resultados do modelo de diferenças-em-diferenças sintético mostram-se estáveis quanto aos estimadores pontuais, uma vez que os coeficientes estimados mantêm sinal e magnitude semelhantes independentemente do procedimento de inferência adotado. As alterações nos níveis de significância indicam apenas uma sensibilidade dos coeficientes estimados ao método de inferência estatística utilizado. A inferência por bootstrap foi utilizada para a estimação principal e a inferência por placebo como teste de robustez. Dessa forma, quando ambos os métodos apontam significância estatística, a interpretação dos resultados torna-se mais robusta.

Por último, é importante avaliar a magnitude econômica dos efeitos encontrados à luz da literatura existente. Nesse sentido, a comparação com estudos que analisam políticas de acesso à água e permite contextualizar o tamanho dos impactos estimados e avaliar sua relevância do ponto de vista populacional. Da Mata et al. (2023) estimam que cada semana adicional de exposição intrauterina à água proveniente das cisternas do Programa Um Milhão de Cisternas está associada a um aumento médio de aproximadamente 1,7 gramas no peso ao nascer. Embora esse efeito marginal seja pequeno em termos absolutos, seu caráter cumulativo ao longo da gestação implica impactos mais substantivos. Por exemplo, uma gestante exposta à política por cerca de 20 semanas apresentaria, em média, um aumento de aproximadamente 34 gramas no peso ao nascer. Os próprios autores caracterizam esses efeitos como modestos, porém relevantes do ponto de vista populacional, destacando pequenos impactos na redução da incidência de baixo peso ao nascer e ressaltando que as magnitudes estimadas são comparáveis, ou até superiores, às encontradas em estudos clássicos sobre programas de assistência social (ALMOND ET AL., 2011; HOYNES ET AL., 2011).

Os resultados deste estudo indicam reduções no peso mediano ao nascer entre aproximadamente 30 e 40 gramas para os dois primeiros grupos de tratamento. Além de uma redução de aproximadamente 48 gramas no percentil 90 para o grupo de tratamento composto por Campina Grande e municípios vizinhos. Considerando que o peso típico ao nascer no Brasil situa-se em torno de 3.200 a 3.300 gramas, tais magnitudes correspondem a aproximadamente 1% a 1,5% desse valor, caracterizando efeitos pequenos em termos relativos, mas não desprezíveis em análises populacionais. Evidências de ordem de grandeza semelhante são encontradas em Currie et al. (2013), que analisam a exposição intrauterina à água contaminada no Canadá e documentam reduções estatisticamente significativas no peso ao nascer também na faixa de poucas dezenas de gramas.

A comparação entre as magnitudes encontradas neste estudo e aquelas reportadas por Da Mata et al. (2023) deve ser feita com cautela, uma vez que os desfechos analisados diferem: enquanto aquele estudo estima efeitos marginais por semana de exposição durante a gestação sobre o peso médio ao nascer, a presente análise considera o efeito agregado da chegada das águas do PISF sobre o peso ao nascer. Ainda assim, ao se levar em conta o caráter cumulativo dos efeitos reportados na literatura, observa-se que as reduções estimadas neste trabalho apresentam ordem de grandeza semelhante àquela implícita nos resultados de Da Mata et al. (2023), ainda que com sinal oposto.

Tabela 10 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre a Mediana, Percentil 10 e Percentil 90 do Peso ao Nascer, por grupo de tratamento, com inferência baseada em placebos

Tratamento	Peso
CGV	
Mediana	-39.777** (17.623)
Decil 10	-18.477 (44.014)
Decil 90	-48.477* (25.283)
Observações	972
Nº de Tratamentos	84
BPM	
Mediana	-30.537*** (11.843)
Decil 10	-4.985 (33.870)
Decil 90	-10.456 (17.932)
Observações	1.092
Nº de Tratamentos	204
BBP	
Mediana	-13.098 (12.133)
Decil 10	13.226 (30.668)
Decil 90	-2.624 (17.562)
Observações	1.560
Nº de Tratamentos	672

Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *placebo* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP); O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

5.4 Heterogeneidade de Sexo

A análise de heterogeneidade por sexo é motivada por evidências consolidadas na literatura de economia da saúde e demografia que indicam maior vulnerabilidade biológica dos fetos do sexo masculino a choques adversos durante a gestação. Estudos clássicos e contemporâneos mostram que fetos masculinos apresentam maior demanda energética e menor capacidade de adaptação a ambientes adversos, como estresse materno, restrições nutricionais e choques ambientais, o que os torna mais suscetíveis a desfechos negativos ao nascer, incluindo menor peso ao nascer e maior risco de mortalidade neonatal (KRAEMER, 2000; CATALANO ET AL., 2005; ALMOND E CURRIE, 2011).

Essa assimetria biológica implica que choques negativos tendem a se manifestar de forma mais intensa entre nascidos do sexo masculino, funcionando como um importante mecanismo para a identificação de efeitos adversos latentes. Assim, ao estimar separadamente o peso médio ao nascer para recém-nascidos do sexo masculino e feminino, busca-se investigar a presença de heterogeneidade nos impactos estimados e avaliar se os efeitos observados se concentram entre os nascimentos masculinos, em linha com a literatura e reforçando a interpretação causal dos resultados.

Ao comparar os resultados entre os sexos, observa-se que os efeitos negativos estatisticamente significativos para a mediana do peso ao nascer entre os nascidos do sexo masculino. Para o sexo feminino não há evidência de efeito estatisticamente significativo para média e mediana.

Os resultados apresentados na Tabela 11 indicam evidência estatística de efeitos heterogêneos por sexo apenas em alguns casos específicos. Em relação à média do peso, não há mudança estatística. Já em relação à mediana, há uma redução significativa no peso dos fetos masculino, variando entre -17 e -46 gramas de acordo com cada um dos grupos de tratamento. Mas uma vez, os resultados são contraintuitivos, uma vez que espera-se que, com o PISF, ocorresse uma melhora do peso ao nascer.

Tabela 11 – Estimativas dos Efeitos do Programa sobre o Peso Médio ao Nascer e Mediana do Peso Médio ao Nascer, por gênero e grupo de Tratamento

Tratamento	Peso Médio	Peso Mediano
Painel 1 = Sexo Feminino		
CGV	-20.977	-24.673
	(12.899)	(20.753)
Observações	2.305	2.305
Nº de Trat	205	205
BPM	5.043	8.799
	(16.083)	(14.957)
Observações	2.585	2.585
Nº de Trat	485	485
BBP	10.057	7.818
	(11.170)	(10.661)
Observações	3.704	3.704
Nº de Trat	1.604	1.604
Painel 2 = Sexo Masculino		
CGV	-28.005	-46.603**
	(22.493)	(22.822)
Observações	2.305	2.305
Nº de Trat	205	205
BPM	-27.798	-33.730**
	(18.741)	(15.691)
Observações	2.585	2.585
Nº de Trat	485	485
BBP	-7.948	-17.320*
	(11.187)	(9.230)
Observações	3.704	3.704
Nº de Trat	1.604	1.604

Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM) e Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP); O *Pool* de controle são os beneficiados no Estado da Paraíba fora da Bacia do Paraíba (BPB).

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Esse padrão é consistente com a literatura de economia da saúde e demografia, que documenta maior vulnerabilidade biológica dos fetos masculinos a choques adversos durante a gestação. A maior demanda energética e a menor capacidade de adaptação a ambientes desfavoráveis fazem com que choques negativos se traduzam mais facilmente

em perdas de peso ao nascer entre meninos, o que está alinhado com os resultados observados (KRAEMER, 2000; CATALANO ET AL., 2005; ALMOND E CURRIE, 2011).

Ademais, a literatura sobre origens fetais do desenvolvimento destaca que choques durante a gestação podem ser mitigados por políticas que atuem diretamente sobre os canais de vulnerabilidade materna, como o fortalecimento do acompanhamento pré-natal, a ampliação do acesso a cuidados básicos de saúde e programas de suplementação nutricional direcionados a gestantes em contextos de maior risco (ALMOND, CURRIE E DUQUE, 2018; CURRIE E ROSSIN-SLATER, 2013). Em particular, intervenções focadas na redução de estressores ambientais e na estabilização das condições de vida durante a gestação tendem a ser especialmente relevantes para proteger fetos do sexo masculino, dada sua menor resiliência biológica.

Em síntese, a análise de heterogeneidade por sexo sugere que os impactos estimados não são homogêneos e tendem a se concentrar, quando presentes, entre os nascidos do sexo masculino. A presença de efeitos estatisticamente significativos predominantemente nesse grupo pode reforçar a plausibilidade biológica dos resultados e fortalece a interpretação causal, ao indicar que o tratamento provavelmente afeta de forma diferenciada subpopulações mais vulneráveis. Ao mesmo tempo, a ausência de significância em diversos cenários e grupo de controle recomenda cautela na generalização dos efeitos, indicando que os impactos sobre o peso ao nascer são pontuais e dependem tanto do grupo de tratamento quanto do sexo do recém-nascido.

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre a ampliação do acesso à água potável, promovida pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), e o peso ao nascer nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, com ênfase na região de Campina Grande e municípios vizinhos. Essa região enfrentou um período prolongado de racionamento hídrico entre 2014 e 2017, chegando a uma situação próxima ao colapso no abastecimento, o que torna o contexto particularmente relevante para investigar possíveis efeitos da política sobre desfechos de saúde neonatal.

A partir da combinação de microdados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC), bases geoespaciais da Agência Nacional de Águas (ANA) e informações oficiais sobre a liberação das águas do PISF, foi possível construir diferentes grupos de tratamento e explorar a heterogeneidade espacial da intervenção. A estratégia empírica adotada baseou-se no método de diferenças-em-diferenças com controle sintético, escolhido diante da dificuldade de encontrar grupos de controle observáveis com trajetórias prévias comparáveis às dos municípios tratados, especialmente em um contexto marcado por fortes desigualdades estruturais e choques hídricos localizados.

Os resultados referentes ao peso médio ao nascer não indicam evidências estatisticamente significativas para o grupo de tratamento formado por Campina Grande e municípios vizinhos. Nesse conjunto de municípios, as estimativas apontam reduções sistemáticas na mediana do peso ao nascer após a chegada das águas do PISF, pelo método de *bootstrap* ou placebo. Para os demais grupos de tratamento — municípios cortados pelos rios Paraíba e Monteiro e municípios beneficiados pertencentes à Bacia do Paraíba — não se identificam efeitos estatisticamente significativos em grande parte das especificações estimadas, algo que não é muito consistente ou apresente um padrão. Esses resultados sugerem que os impactos da ampliação da oferta hídrica não foram uniformes entre os municípios beneficiados e que, no caso de Campina Grande, a chegada da água não foi suficiente para reverter uma trajetória adversa associada a um período prolongado de escassez extrema.

A análise dos diferentes pontos da distribuição do peso ao nascer reforça esse padrão assimétrico. Para a mediana, observam-se efeitos negativos e estatisticamente significativos sobretudo para Campina Grande e municípios vizinhos, além de evidências menos robustas para o grupo de municípios cortados pelos rios Paraíba e Monteiro. No

percentil 10 da distribuição, não se identificam efeitos estatisticamente significativos para nenhum dos grupos de tratamento, indicando ausência de impactos detectáveis entre os recém-nascidos situados na cauda inferior da distribuição. Em contraste, no percentil 90, os resultados voltam a apontar reduções estatisticamente significativas para o primeiro grupo de tratamento, sugerindo que os efeitos negativos se concentram na tendência central e na parte superior da distribuição do peso ao nascer, e não entre os indivíduos mais vulneráveis.

Entre as principais limitações do estudo destacam-se a elevada variabilidade das estimativas, a dificuldade de isolar completamente os efeitos da chegada da água de outros fatores concomitantes e a impossibilidade de observar diretamente características como a qualidade da água e os padrões individuais de consumo. Soma-se a isso a limitação relacionada à identificação precisa do momento de exposição das gestantes tanto à escassez hídrica extrema quanto à posterior chegada das águas do PISF ao longo da gravidez. Assim, diferentemente de parte da literatura recente — como Da Mata et al. (2023) e Li e Xiao (2023) — que explora a exposição à água ao longo da gestação, a presente análise considera o peso ao nascer de forma agregada no tempo, o que pode atenuar efeitos mais pontuais associados a choques hídricos específicos.

Nesse sentido, uma agenda promissora para pesquisas futuras consiste em explorar recortes mais precisos ao longo da gravidez, com maior detalhamento temporal, de modo a identificar efeitos de curtíssimo prazo e comparar gestantes expostas a condições extremas de escassez hídrica com aquelas que passaram a receber qualquer quantidade adicional de água após a intervenção. Além disso, estudos futuros poderiam aprofundar a análise espacial e operacional da política, distinguindo de forma mais precisa os municípios e localidades efetivamente abastecidos pelas águas transpostas, em vez de considerar apenas a inserção regional ou hidrográfica. Avanços nessa direção exigiriam informações mais detalhadas sobre a dinâmica da entrega da água, a capacidade dos sistemas adutores e a dependência de reservatórios específicos. Por fim, um caminho adicional consiste em direcionar a análise para áreas predominantemente rurais, onde a vulnerabilidade à escassez hídrica tende a ser maior e os efeitos da ampliação do acesso à água podem se manifestar de forma distinta em relação aos centros urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. **The economic costs of conflict: a case study of the Basque Country**. American Economic Review, Nashville, v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003.
- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). **Volume diário dos principais reservatórios**. João Pessoa, 2025. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 4 dez. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Encarte especial sobre a crise hídrica: informe 2014**. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF: ANA, 2015.
- ALMOND, Douglas; CURRIE, Janet. **Killing me softly: the fetal origins hypothesis**. Journal of Economic Perspectives, Nashville, v. 25, n. 3, p. 153–172, 2011.
- Almond, Douglas, Hoynes, Hilary W., Schanzenbach, Diane Whitmore, 2011. **Inside the war on poverty: the impact of food stamps on birth outcomes**. Rev. Econ. Stat. 93 (2), 387–403.
- ALMOND, D.; CURRIE, J.; DUQUE, V. **Childhood circumstances and adult outcomes: act II**. In: ASHENFELTER, O.; CARD, D. (eds.). Handbook of Labor Economics. Amsterdam: Elsevier, v. 4B, p. 1–96, 2018.
- ARKHANGELSKY, D. et al. **Synthetic difference-in-differences**. American Economic Review, Nashville, v. 111, n. 12, p. 4088–4118, 2021.
- BARRON, W. **Water metabolism and vasopressin secretion during pregnancy**. Bailliere's Clinical Obstetrics and Gynaecology, Londres, v. 1, n. 4, p. 853–?, 1987.
- BLOOMFIELD, F.; OLIVER, M.; HARDING, J. **The late effects of fetal growth patterns**. British Medical Journal, Londres, v. 91, n. 4, p. F299, 2006.
- BRASIL. Decreto nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006. Institui o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5995.htm. Acesso em: 8 jul. 2025.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Relatório de impacto sobre o meio ambiente do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Brasília, DF, 2004. 129 p.
- BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). **Dinâmica de entrega de água do Projeto de Integração do Rio São Francisco**. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.fala.br>. Acesso em: 16 out. 2025.
- BRITO, F. B. **Conflitos pelo acesso e uso da água: integração do Rio São Francisco com a Paraíba (Eixo Leste)**. 2013. 371 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

CATALANO, Ralph et al. **Economic stress and the secondary sex ratio**. Human Reproduction, Oxford, v. 20, n. 10, p. 2874–2878, 2005.

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água: o mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta**. São Paulo: Publifolha, 2005. 128 p.

CORDÃO, M. J. de S. et al. **Mapeamento do risco de escassez hídrica: uma abordagem SIG-MCDA para uma cidade de médio porte na região semiárida brasileira**. Revista de Água Urbana, v. 17, n. 7, p. 642–655, 2020.

CNRH. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Brasília, DF, 2003.

CURRIE, J.; GRAFF ZIVIN, J. S.; MECKEL, K.; NEIDELL, M.; SCHLENKER, W. **Something in the Water: Contaminated Drinking Water and Infant Health**. Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économie, vol. 46, n. 3, p. 791–810, 2013.

CURRIE, J.; ROSSIN-SLATER, M. **Weathering the storm: hurricanes and birth outcomes**. Journal of Health Economics, Amsterdam, v. 32, n. 3, p. 487–503, 2013.

DA MATA, D. et al. **Climate adaptation policies and infant health: evidence from a water policy in Brazil**. Journal of Public Economics, Amsterdam, 2023.

ENGEORPS/HARZA. **Projeto de transposição de águas do rio São Francisco para o Nordeste Setentrional: relatório síntese de viabilidade técnico-econômica e ambiental**. Relatório nº R32. São Paulo, 2000. 330 p. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/arquivos/pisf/r32sintese.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

G1 PARAÍBA. **Racionamento de água completa dois anos em Campina Grande**. G1, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com>. Acesso em: 18 out. 2025.

G1 PARAÍBA. **Após dois anos da chegada das águas da transposição, Campina Grande tem segurança hídrica**. G1, João Pessoa, 8 mar. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2019/03/08/apos-dois-anos-da-chegada-das-aguas-da-transposicao-campina-grande-tem-seguranca-hidrica.ghtml>. Acesso em: 20 out. 2025.

Hoynes, Hilary, Page, Marianne, Stevens, Ann Huff, 2011. **Can Targeted Transfers Improve Birth Outcomes? Evidence from the Introduction of the WIC Program**. Journal of Public Economics 95 (7), 813–827.

KRAEMER, Sebastian. **The fragile male**. British Medical Journal (BMJ), Londres, v. 321, n. 7276, p. 1609–1612, 2000.

LI, L.; XIAO, Y. **Beyond boiling: the effect of in utero exposure to treated tap water on childhood health**. Journal of Environmental Economics and Management, v. 122, p. 102424, 2023.

LIMA, J. R. A. et al. **Identificação de tendências climáticas no Estado da Bahia**. Revista de Geografia (UFPE), Recife, v. 28, n. 3, p. 172–187, 2011.

LIN, Y.; LIU, F.; XU, P. **Effects of drought on infant mortality in China**. Health Economics, Chichester, 2020.

LOBO, F. de L.; CARVALHO, L. A. S.; MACIEL, D. A.; NAGEL, G. W.; BRESSIANI, D. de A.; MONTENEGRO, S. G.; LIMA FILHO, G. Q.; TIQUIA-ARASHIRO, S. M.; MEDEMA, G.; UBOMBA-JASWA, E.; URAKAWA, H.; ELLA, V. **Spatial and Temporal Analysis of the Water Quality in Brazilian Semi-Arid Reservoirs Using AlgaeMAp**. In: TIQUIA-ARASHIRO, S. M.; MEDEMA, G.; UBOMBA-JASWA, E.; URAKAWA, H.; ELLA, V. (eds.). Urban Watershed Microbiology, Volume 1: Metagenomic Insights, Resistance Patterns, and Monitoring Approaches. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 463–491.

LUSAMBILI, A. et al. **“Mothers get really exhausted!” The lived experience of pregnancy in extreme heat**. Social Science & Medicine, v. 335, 2023.

OBSERVATÓRIO DAS DESIGUALDADES EM EDUCAÇÃO, SAÚDE E SUSTENTABILIDADE (ODES). **Base de dados sobre desastres naturais no Brasil: 1991–2022**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2024. Disponível em: <https://www.odes-ufjf.org/desastres-brasil>. Acesso em: 3 jun. 2025.

POND, K. et al. Background chapter. In: CAMERON, J. et al. (org.). **Valuing water, valuing livelihoods**. London: IWA Publishing, 2011.

RAMOS FILHO, R. de S. et al. **Fatores que contribuem para a insegurança hídrica urbana na região semiárida brasileira**. Water Supply, v. 23, n. 2, p. 447–458, 2023.

RÊGO, J. C. et al. **A crise do abastecimento de Campina Grande**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015. Anais [...]. Brasília, DF, 2015.

ROCHA, R.; SOARES, R. R. **Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid**. *Journal of Development Economics*, Amsterdam, v. 112, p. 72–91, 2015.

ROSS, M. G.; DESAI, M. **Gestational programming: population survival effects of drought and famine during pregnancy**. *American Journal of Physiology*, v. 288, n. 1, p. R25–R33, 2005.

SARMENTO, J. **A transposição do São Francisco: uma leitura crítica dos impactos sociais e ambientais**. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 79, n. 1, p. 44–61, 2018.

STEEGERS-THEUNISSEN, R. P. M. **Maternal nutrition and obstetric outcome**. *Bailliere's Clinical Obstetrics and Gynaecology*, Londres, v. 9, n. 3, p. 431–443, 1995.

TCU. **Relatório de levantamento da infraestrutura hídrica do Projeto de Transposição do Rio São Francisco**. Rel. Min. João Augusto Ribeiro Nardes. Brasília, DF, 2020.

UNDP. **Human development report 2006: beyond scarcity – power, poverty and the global water crisis**. New York: Palgrave Macmillan, 2006.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021: o valor da água – fatos e dados**. Paris, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em: 3 set. 2025.

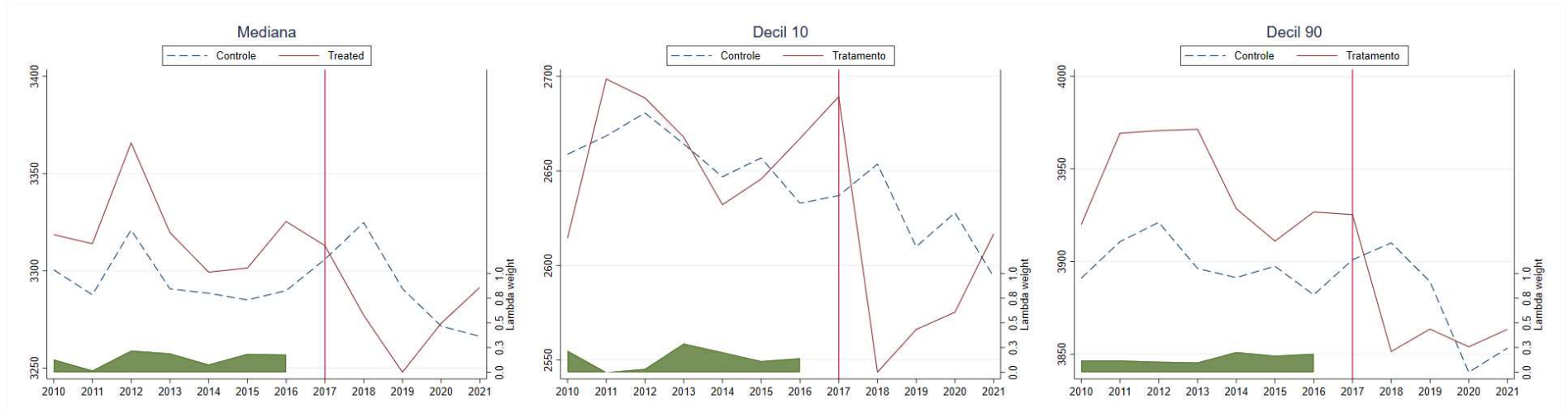
UNDRR. **Relatório anual da UNDRR 2022**. Genebra, 2022. Disponível em: <http://www.undrr.org/annual-report/2022>. Acesso em: 3 set. 2025.

WORLD BANK. **World development report 2008: agriculture for development**. Washington, DC, 2008.

ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino**. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, v. 1, n. 36, p. 126–142, 2014.

APÊNDICE

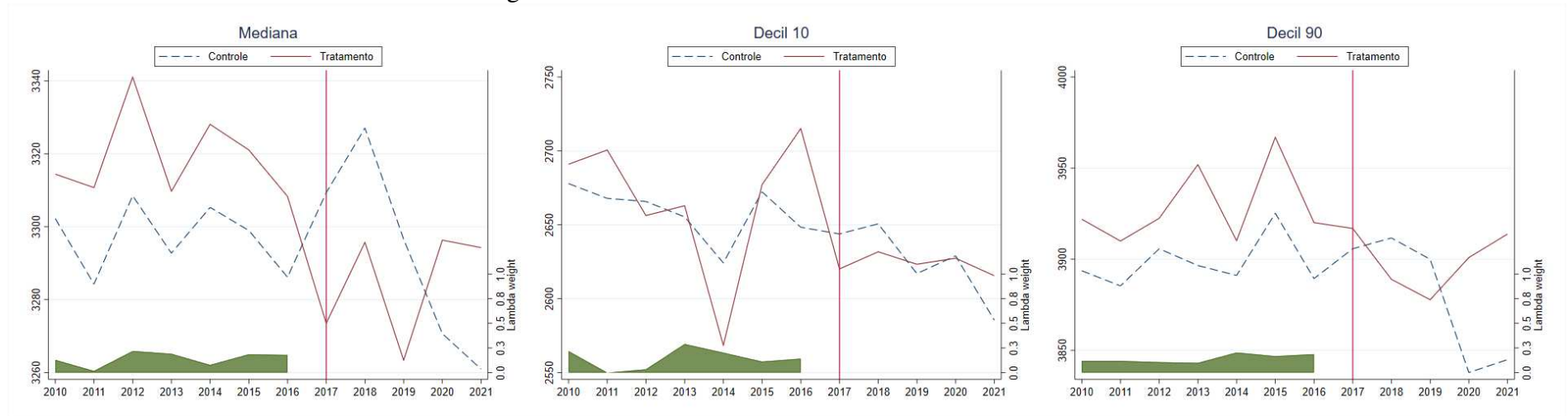
Figura A1 – Peso Estimado do CGV em Mediana e Decis



Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios de Campina Grande e Vizinhos (CGV), semelhante as informações da sua respectiva linha na Tabela 8. O Lambda representa o peso do modelo sintético na estimação: quanto mais próximo ao zero, maior a necessidade de ajuste no pool para a seleção de controles que fossem semelhantes ao tratamento pela variável dependente defasada.

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

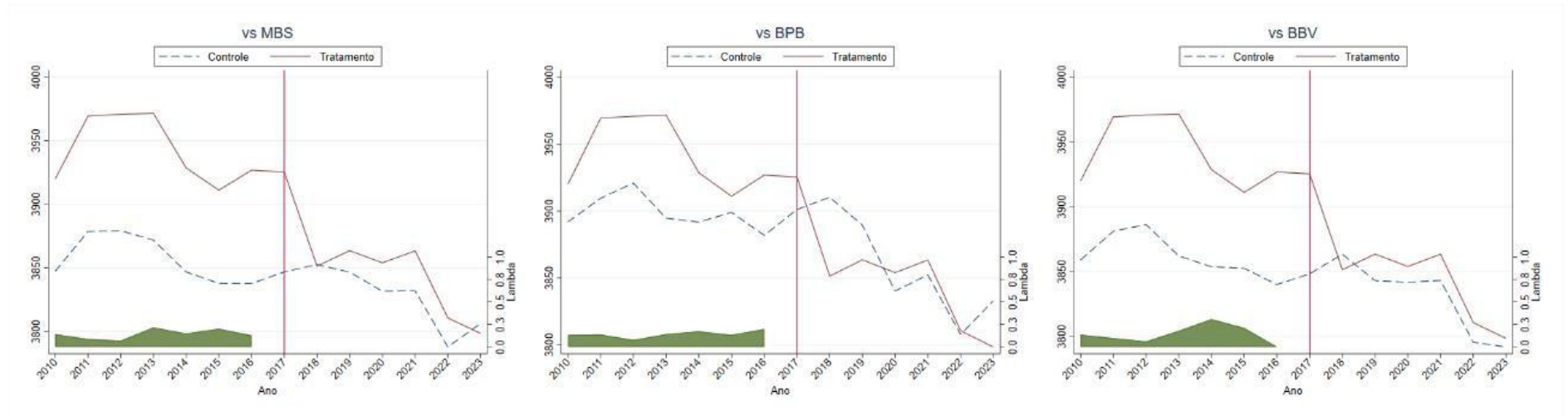
Figura A2 – Peso Estimado do BPM em Mediana e Decis



Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios Beneficiados cortados pelos rios Paraíba e Monteiro (BPM), semelhante as informações da sua respectiva linha na Tabela 8. O Lambda representa o peso do modelo sintético na estimação: quanto mais próximo ao zero, maior a necessidade de ajuste no pool para a seleção de controles que fossem semelhantes ao tratamento pela variável dependente defasada.

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.

Figura A3 – Peso Estimado do BBP em Mediana e Decis



Nota: Estimação de Diferenças-em-Diferenças Sintéticas com *bootstrap* de mil repetições para os grupos de Municípios Beneficiados da Bacias do Paraíba (BBP), semelhante as informações da sua respectiva linha na Tabela 8. O Lambda representa o peso do modelo sintético na estimação: quanto mais próximo ao zero, maior a necessidade de ajuste no pool para a seleção de controles que fossem semelhantes ao tratamento pela variável dependente defasada.

Fonte: Elaboração própria com dados do SINASC, 2010-2021.