REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

REPARTIÇÃO AMBIENTAL DO IMPOSTO SOBRE BENS E SERVIÇOS ENTRE MUNICÍPIOS: CENÁRIOS CONTRAFACTUAIS

ENVIRONMENTAL CRITERIA IN MUNICIPAL SHARING OF BRAZIL'S VAT: COUNTERFACTUAL INEQUALITY SCENARIOS

Ciências Sociais Aplicadas • 09/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/794135421

Fábio Augusto Ferreira[1]

Angélica Pereira Bueno[2]

Aparecida Magali Gabriel Teixeira[3]

Eneli de Araújo[4]

José Arilson de Souza[5]

RESUMO

O estudo analisa como critérios ambientais e socioeconômicos alteram a distribuição municipal de uma parcela da receita do novo imposto sobre bens e serviços em cenários contrafactuais. A busca exploratória não identificou simulações que comparem essas fórmulas nesse desenho. A pesquisa aplica microssimulação estática a 5.557 municípios, com ano-base 2022, e mede a desigualdade pelos índices de Gini e de Theil. Nos cenários simulados, a fórmula baseada somente em área protegida concentra a receita ambiental: o índice de Gini da receita per capita é 0,92, e 63,8 por cento dos municípios nada recebem. Com um índice de qualidade ambiental, o Gini cai para 0,58. O peso socioeconômico adicional apresenta efeito inconsistente sobre a desigualdade: com os municípios ponderados pela população, o Gini sobe de 0,73 para 0,74 entre a fórmula sem esse peso e a de maior peso. Com retirada proporcional da cota, 22,6 por cento dos municípios ganham sob a fórmula de área protegida e de 80,8 a 82,0 por cento sob as demais, em proporção maior entre os de menor produto per capita. Uma comparação com o repasse do Paraná indica aderência moderada de ordenamento e fraca para mananciais, o que configura validação parcial. Os resultados, de regime pleno hipotético, podem orientar legisladores estaduais e gestores municipais, mas não constituem previsão.

Palavras-chave: Repartição de receitas; Federalismo fiscal; ICMS Ecológico; Reforma tributária; Microssimulação.

ABSTRACT

This study analyzes how environmental and socioeconomic criteria change the municipal distribution of part of the revenue from Brazil's new tax on goods and services in counterfactual scenarios. The exploratory search identified no simulations that compare these

formulas under this design. The research applies static microsimulation to 5,557 municipalities, with base year 2022, and measures inequality with the Gini and Theil indices. In the simulated scenarios, the formula based only on protected area concentrates the environmental revenue: the Gini index of per capita revenue is 0.92, and 63.8 percent of municipalities receive nothing. With an environmental quality index, the Gini falls to 0.58. The additional socioeconomic weight shows an inconsistent effect on inequality: with municipalities weighted by population, the Gini rises from 0.73 to 0.74 between the formula without that weight and the one with the largest weight. Under proportional withdrawal from the quota, 22.6 percent of municipalities gain under the protected-area formula and from 80.8 to 82.0 percent under the others, in a higher share among those with lower per capita product. A comparison with the Paraná transfer shows moderate agreement in ranking and weak agreement for water sources, a partial validation. The results, for a hypothetical full regime, may guide state legislators and municipal managers, but they are not a forecast.
Keywords: Revenue sharing; Fiscal federalism; Ecological ICMS; Tax reform; Microsimulation.

1. INTRODUÇÃO

A reforma tributária sobre o consumo alterou a estrutura do federalismo fiscal brasileiro. A Emenda Constitucional nº 132, de 2023, substitui o imposto estadual sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) e o imposto municipal sobre serviços (ISS) pelo imposto sobre bens e serviços (IBS), de competência compartilhada entre estados, Distrito Federal e municípios (Brasil, 2023). A substituição é gradual. Em 2026, o IBS é cobrado à alíquota de 0,1%. Entre 2029 e 2032, o ICMS e o ISS são reduzidos a nove, oito, sete e

seis décimos das respectivas alíquotas, e a partir de 2033 são extintos (Brasil, 2023, Ato das Disposições Constitucionais Transitórias [ADCT], arts. 125, 128 e 129; Brasil, 2025, arts. 342 e 343). Entre os mecanismos afetados está o ICMS Ecológico, que condiciona parte da cota municipal do ICMS a critérios ambientais. O instrumento nasceu no Paraná e se difundiu entre outros estados (Ring, 2008). Sua continuidade depende do desenho que o novo imposto adotar, e esse desenho merece análise empírica antecipada.

O texto constitucional já fixa uma estrutura de repartição. Pertencem aos municípios vinte e cinco por cento do produto da arrecadação do IBS distribuída aos estados (Brasil, 1988, art. 158, IV, b). Essa parcela é creditada em oitenta por cento na proporção da população, dez por cento por indicadores de melhoria nos resultados de aprendizagem e de aumento da equidade, cinco por cento com base em indicadores de preservação ambiental e cinco por cento em montantes iguais para todos os municípios do estado (Brasil, 1988, art. 158, § 2º, I a IV). Os indicadores de educação e de preservação ambiental são definidos por lei estadual. O comitê gestor retém o montante do art. 158, IV, b, e o distribui diretamente aos municípios conforme os critérios do § 2º do art. 158 (Brasil, 2026, art. 2º, § 1º, IX, a). Portanto, o critério ambiental não depende de lei complementar futura. Depende de leis estaduais, de modo que o regime real será formado por vinte e sete leis estaduais, e não por uma regra nacional uniforme. Nessa escolha estadual se concentra a questão distributiva deste estudo.

A literatura sobre o ICMS Ecológico é relevante, mas heterogênea. Ring (2008) descreve o instrumento como pioneiro na incorporação de serviços ecológicos às transferências intergovernamentais. Droste

et al. (2017) associam o instrumento a maior área protegida. Ruggiero *et al.* (2022) concluem que o programa estimulou a criação de unidades de conservação, mas que o efeito se esgota com o tempo. Tupiassu, Fadel e Gros-Désormeaux (2019) mostram que, no Pará, os municípios prioritários para o combate ao desmatamento ganharam recursos sem maior engajamento nessa agenda. O segundo eixo é a desigualdade fiscal entre municípios. Arretche (2012) mostra que o sistema combina transferências redistributivas e devolutivas. Costa *et al.* (2024) indicam que, no semiárido, as transferências condicionadas equalizam mais do que as devolutivas. Esses achados sugerem que a fórmula pesa sobre o resultado distributivo, mas não dizem como pesos ambientais e socioeconômicos alterariam a distribuição de uma parcela do novo imposto. Essa pergunta exige simulação.

A busca bibliográfica foi exploratória, assistida pelo SciSpace, e não constitui revisão sistemática. O SciSpace é uma ferramenta de pesquisa assistida por inteligência artificial; as consultas temáticas foram executadas por meio dela, e não por consulta direta a outras bases, como o Google Scholar. Não se registraram a data da busca, as expressões literais das consultas nem os critérios de ordenação aplicados pela ferramenta; a busca não é, portanto, reprodutível. Os temas foram transferências fiscais ecológicas, ICMS Ecológico e reforma tributária, IBS Verde e microssimulação tributária no Brasil. Os resultados foram arquivados em 21 planilhas, com 1.585 linhas e 777 títulos distintos. Antes da busca, formularam-se três perguntas no formato PICO sobre transferências fiscais ecológicas e definiram-se critérios de seleção: quatro de inclusão (foco em transferências fiscais ecológicas entre entes públicos, análise de arranjos institucionais e legais, avaliação de efeitos sobre conservação ou resultados socioeconômicos e escopo subnacional) e dois de

exclusão (pagamentos privados por serviços ecossistêmicos, mercados voluntários de carbono e compensações privadas de biodiversidade, de um lado, e sistemas genéricos de transferência sem indicador ambiental, de outro). Esses critérios não foram aplicados em uma triagem formal. A triagem de resumos e de textos completos e a extração de dados permaneceram inconclusas, e não há fluxograma PRISMA. Os achados sobre a lacuna valem, portanto, apenas para os registros recuperados. Neles, não identificamos estudos que comparem fórmulas de repartição ambiental municipal em um desenho hipotético do IBS. Há microssimulações sobre a reforma, como a de Siqueira, Nogueira e Luna (2024), mas seu foco recai sobre domicílios, e não sobre a repartição entre municípios. Há também estudos sobre o ICMS Ecológico efetivamente praticado, que analisam o instrumento existente e não cenários alternativos. A lacuna é, portanto, delimitada à comparação contrafactual de fórmulas de repartição ambiental. Não afirmamos primazia. Afirmamos que a lacuna existe nos limites da busca descrita.

O objetivo geral é analisar como critérios ambientais e socioeconômicos alteram a distribuição municipal de uma parcela fixa da receita-base do IBS em cenários contrafactuais. Os objetivos específicos são medir a desigualdade da receita ambiental per capita sob cada fórmula, descrever ganhadores e perdedores por região, bioma e faixa de renda e comparar a importância do volume repartido e a dos pesos. Chamamos de "IBS Verde" o cenário analítico, construído pelo autor, em que o critério ambiental, no percentual constitucional ou em percentuais maiores, é aplicado com indicadores nacionais uniformes. O rótulo é do autor e não designa instrumento oficial. Esse cenário uniforme é contrafactual e não descreve o direito vigente. O estudo não avalia política existente, não mede incentivos e não prevê comportamento municipal.

A contribuição é tripla e condicionada aos resultados. O artigo oferece um desenho de simulação replicável. Ele separa o efeito do volume do efeito do desenho. E aponta implicações para a contabilidade pública municipal, pois previsibilidade da receita, evidenciação de transferências condicionadas e verificabilidade dos indicadores dependem da fórmula. A aplicabilidade recai sobre legisladores estaduais, que definirão os indicadores ambientais, e sobre gestores municipais, que precisarão orçar a receita. A seção 2 reúne referencial, contexto, hipóteses, procedimentos, resultados e discussão. A seção 3 traz a conclusão.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

2.1.1. Federalismo Fiscal e Transferências Ecológicas

O federalismo fiscal organiza a distribuição de competências de arrecadação e de gasto entre níveis de governo. Oates (1972) formulou o teorema da descentralização: governos locais provêm bens públicos com maior eficiência quando as preferências variam entre jurisdições e não há externalidades relevantes. A conservação ambiental foge a essa condição. Seus benefícios extravasam o município que a mantém, e seus custos de oportunidade recaem sobre ele. Boadway e Shah (2009) indicam que a condicionalidade das transferências exige monitoramento e que a equalização envolve um intercâmbio entre equidade e eficiência.

As transferências fiscais ecológicas condicionam repasses intergovernamentais a critérios ambientais. Ring (2008) as define nesse sentido e reconhece o ICMS Ecológico como experiência pioneira. Busch *et al.* (2021) oferecem uma revisão global. Young e

Medeiros (2018) reúnem estimativas da importância econômica das unidades de conservação brasileiras, entre elas as transferências fiscais do ICMS Ecológico. A literatura atribui às transferências três funções: a compensação das restrições de uso do solo, o incentivo a condutas favoráveis à conservação e a redistribuição da capacidade fiscal. As funções nem sempre convivem bem. Uma fórmula centrada em área protegida compensa quem conserva, mas pode beneficiar municípios extensos. Uma fórmula com peso socioeconômico redistribui mais, mas afasta o repasse da exposição à restrição. Este artigo trata essa tensão como um intercâmbio estático, e não como um problema de incentivos.

2.1.2. Implicações para a Contabilidade Pública Municipal

A fórmula de repartição tem consequências contábeis. A primeira é a previsibilidade: o município precisa estimar a receita na lei orçamentária, e quanto maior a variabilidade dos indicadores, maior o risco de frustração. A segunda é a classificação: uma receita condicionada a critérios ambientais é transferência, e sua evidenciação deve distinguir a parcela vinculada ao critério. A terceira é a transparência, pois o comitê gestor divulga os valores retidos e transferidos por ente (Brasil, 2026). A quarta é a verificabilidade, já que os indicadores dependem de dados de terceiros e de defasagens. A quinta é a responsabilidade fiscal, porque receitas incertas dificultam despesas continuadas. Essas implicações orientam a Tabela 6 e a seção 2.6.

2.2. Contexto Institucional da Repartição do Imposto

A Constituição fixa a estrutura básica da repartição municipal do IBS. Pertencem aos municípios vinte e cinco por cento do produto da

arrecadação do IBS distribuída aos estados (Brasil, 1988, art. 158, IV, b; Brasil, 2023). Essa parcela é creditada em oitenta por cento na proporção da população; dez por cento por indicadores de melhoria nos resultados de aprendizagem e de aumento da equidade, considerado o nível socioeconômico dos educandos, conforme lei estadual; cinco por cento com base em indicadores de preservação ambiental, conforme lei estadual; e cinco por cento em montantes iguais para todos os municípios do estado (art. 158, § 2º, I a IV). Os indicadores de educação e de preservação ambiental são, portanto, fixados por lei estadual. O regime real será formado por vinte e sete leis estaduais, e o cenário nacional uniforme simulado neste artigo é contrafactual.

Quanto ao ICMS, o art. 158, § 1º, na redação da Emenda Constitucional nº 108, de 2020 (Brasil, 2020), mantida pela Emenda Constitucional nº 132, de 2023 (Brasil, 2023), determina que, no mínimo, sessenta e cinco por cento da cota municipal sejam distribuídos pelo valor adicionado e até trinta e cinco por cento conforme lei estadual, com ao menos dez pontos percentuais por indicadores de aprendizagem e equidade. O ICMS Ecológico estadual vive, hoje, dentro dessa parcela de até trinta e cinco por cento.

A Lei Complementar nº 227, de 2026, trata da retenção e do repasse. O comitê gestor retém o montante do art. 158, IV, b, e o distribui diretamente aos municípios conforme os critérios do § 2º do art. 158 (Brasil, 2026, art. 2º, § 1º, IX, a), sem criar critério ambiental próprio, e divulga mensalmente os valores retidos e transferidos por ente. A mesma lei prevê, no art. 118, § 3º, a dedução da parcela municipal do art. 158, IV, b, do montante apurado, antes da distribuição (Brasil, 2026, art. 118, § 3º). Conforme o art. 128, o comitê gestor transfere aos

municípios o valor do art. 158, IV, b, retido nos termos desse § 3º do art. 118, pelos critérios de oitenta, dez, cinco e cinco por cento do § 2º do art. 158 da Constituição, com os indicadores de educação e de preservação ambiental fixados por lei estadual (Brasil, 2026, art. 128). A Lei Complementar nº 214, de 2025, não define a cota municipal nem critério ambiental. Ela determina que a transição siga os arts. 125 a 133 do ADCT e que, em 2026, o IBS seja cobrado à alíquota de 0,1% sem observar as vinculações e repartições da Constituição (Brasil, 2025, arts. 342 e 343). As remissões ao art. 158 dentro dessa lei referem-se a um benefício de reabilitação urbana, e não à Constituição. O artigo, por isso, não atribui à legislação complementar nenhuma regra sobre indicadores ambientais.

O cronograma define o alcance temporal do problema. Em 2026, a arrecadação do IBS não observa as vinculações e repartições da Constituição e financia o Comitê Gestor e o Fundo de Compensação de Benefícios Fiscais (Brasil, 2023, ADCT, art. 125, § 3º). Em 2027 e 2028, o IBS é cobrado a 0,05% estadual e 0,05% municipal (Brasil, 2023, ADCT, art. 127). Entre 2029 e 2032, o ICMS e o ISS são reduzidos a nove, oito, sete e seis décimos, e a partir de 2033 se extinguem (Brasil, 2023, ADCT, arts. 128 e 129). As alíquotas de referência são fixadas por resolução do Senado Federal, com cálculo do Tribunal de Contas da União (Brasil, 2023, ADCT, art. 130). De 2029 a 2077, antes da aplicação do art. 158, IV, b, há retenção de oitenta por cento de 2029 a 2032 e de noventa por cento em 2033, e, a partir de 2034, o percentual de 2033 é reduzido em um quarenta e cinco avos por ano. O montante retido é distribuído conforme a receita média de cada ente (Brasil, 2023, ADCT, art. 131). O art. 158, IV, b, não se aplica aos recursos distribuídos dessa forma, e a parcela não retida é distribuída pelos critérios da lei complementar (Brasil, 2023, ADCT, art. 131, §§ 3º e 4º). Há ainda retenção de cinco por cento para os

entes com menor razão de receita (Brasil, 2023, ADCT, art. 132). Entre 2029 e 2077, portanto, a parcela sujeita ao art. 158, IV, b, é apenas a não retida, e o regime pleno do critério ambiental só se completa depois da transição. Enquanto durar o ICMS, o ICMS Ecológico estadual segue em vigor dentro da parcela de até trinta e cinco por cento do art. 158, § 1º. Nenhuma norma instituiu instrumento denominado "IBS Verde". Este artigo usa o rótulo para um cenário analítico do autor, em que o critério ambiental é aplicado de modo uniforme no país e, em parte dos volumes simulados, em percentual maior que cinco por cento da cota. Esse cenário diverge do desenho constitucional, que atribui a definição dos indicadores à lei estadual. A simulação, portanto, não descreve a regra vigente. Explora o espaço de desenho que as leis estaduais poderão ocupar.

2.3. Hipóteses

As hipóteses são direcionais e se referem ao sinal ou à ordenação dos efeitos. Cada uma indica o desfecho, o critério de refutação e o produto empírico que a testa.

H1 (critérios e desigualdade). Mantida fixa a parcela distribuída, as fórmulas com peso socioeconômico positivo (Critérios 3 e 4) geram menor desigualdade, medida por Gini e Theil, na distribuição per capita entre municípios do que a fórmula baseada somente em área protegida (Critério 1). A hipótese é refutada se o intervalo de confiança da diferença incluir zero ou tiver sinal oposto. Testes: Tabelas 3 e 4 e Figuras 1 e 2.

H2 (ganhadores e perdedores). Em relação à repartição observada, a variação per capita da receita ambiental difere entre biomas e regiões. Sua correlação com o produto interno bruto per capita

municipal é mais negativa nos Critérios 3 e 4 do que no Critério 1. A hipótese é refutada se a parcela inter-grupo da decomposição for indistinguível de zero, ou se as correlações não seguirem a ordem prevista. Testes: Tabela 5, Tabelas 10 a 12 (Apêndices C a E) e Figuras 3 e 4.

H3 (compensação e redistribuição, sem incentivos). Quando aumenta o peso socioeconômico da fórmula, diminui a concentração da parcela nos municípios de maior proporção de área protegida, e diminui a desigualdade. A hipótese descreve um intercâmbio estático entre as funções compensatória e redistributiva. Testes: Tabela 3 e Tabela 9 (Apêndice B).

H4 (volume e desenho). Nos desfechos que dependem do volume, a variação explicada pelos pesos da fórmula supera a explicada pelo volume repartido nas faixas simuladas. A hipótese é refutada se a parcela explicada pelo volume for igual ou maior que a explicada pelos pesos. Testes: Tabelas 4, 6 e 7 e Tabela 13 (Apêndice F).

2.4. Procedimentos Metodológicos

2.4.1. Delineamento

O estudo adota microssimulação estática, aritmética e contrafactual, em corte transversal. A unidade de análise é o município, e a repartição é feita dentro de cada estado, como determina o arranjo constitucional. O modelo compara a distribuição observada da cota municipal com distribuições hipotéticas que somam uma parcela ambiental a ela. A simulação é nacional, e a validação no Paraná é descrita na seção 2.4.7. O modelo não incorpora respostas comportamentais nem efeitos de equilíbrio geral. A pesquisa é

descritiva e comparativa. Não estima efeitos causais, não avalia política vigente e não prevê o desenho final das leis estaduais.

2.4.2. Dados e Fontes

A base integra seis grupos de dados, todos acessados em 29 de outubro de 2026. O primeiro é o painel consolidado municipal (versão 4), que fornece a cota-parte municipal do ICMS de 2022, o produto interno bruto municipal de 2022, a área municipal e a cobertura natural. O segundo é a população do Censo Demográfico 2022, obtida na API de agregados do SIDRA/IBGE (tabela 4714, variável 93), com soma nacional de 203.080.756 habitantes em 5.570 municípios. O terceiro é o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) e a proporção de pessoas pobres de 2010, do Atlas do Desenvolvimento Humano, obtidos pelo Ipeadata, disponíveis para 5.564 municípios. O quarto é o bioma predominante, calculado a partir da cobertura do MapBiomas (coleção 10.1, ano 2024) como o bioma de maior área no município; 465 municípios têm mais de 20% da área em outro bioma. O quinto é o cadastro nacional de unidades de conservação, tratado como descrito na seção 2.4.4. O sexto é a perda de cobertura natural entre 2018 e 2022, calculada no painel. Arquivos locais de IDHM considerados inconsistentes foram descartados, e nenhum valor foi imputado nos indicadores de 2010.

2.4.3. Universo e Exclusões

O painel tem 5.571 linhas para 2022, e o universo principal tem 5.557 municípios. Foram excluídas 14 linhas. Sete têm grafia ou entidade sem correspondência no cadastro e não trazem dados financeiros, entre elas duas lagoas. Seis municípios criados após 2010 não têm IDHM nem pobreza e entram somente na análise de robustez. O

Distrito Federal sai por não ter cota-parte municipal de ICMS. Em 42 municípios do universo principal a cota observada é ausente. Eles participam da distribuição ambiental, mas ficam fora das métricas de receita total e da classificação de ganhadores e perdedores, que usam 5.515 municípios.

2.4.4. Modelo

Seja i um município do estado s. O conjunto estadual de referência é uma aproximação da parcela estadual do imposto:

$$P_s = \frac{\sum_{j \in s} \text{cota}_j}{0{,}25}$$

em que cota_j é a cota-parte municipal do ICMS observada em 2022. Não há projeção oficial do novo imposto, e o conjunto estadual é, portanto, uma proxy baseada na cota do ICMS (soma da cota dividida por 0,25), e não o produto efetivo do IBS distribuído aos estados. Onde a cota é ausente, entra como zero, o que subestima P_s. O fundo ambiental é uma fração α do conjunto estadual, $F_s = \alpha P_s$. Cinco valores foram simulados: 0,5%, 1,0%, 1,25%, 1,5% e 2,0%, equivalentes a 2%, 4%, 5%, 6% e 8% da cota municipal. O valor de 1,25% equivale a cinco por cento da cota municipal, que é a parcela do critério ambiental do art. 158, § 2º, III, da Constituição. Chamamos esse cenário de referência de regime pleno. Ele representa o critério ambiental de cinco por cento aplicado a todo o conjunto estadual, como se não houvesse a retenção do art. 131 do ADCT. Entre 2029 e 2077, apenas a parcela não retida está sujeita ao art. 158, IV, b (Brasil, 2023, ADCT, art. 131, §§ 3º e 4º). A equivalência entre cinco por cento da cota e 1,25% do conjunto vale, portanto, em regime pleno, e o cenário aproxima o regime pleno, e não a transição. A receita ambiental do município é:

$$R_i = F_s \times \frac{E_i}{\sum_{j \in s} E_j}, \qquad E_i = w_1 \mathrm{AP}_i + w_2 \mathrm{QA}_i + w_3 \mathrm{IS}_i, \qquad w_1 + w_2 +$$

Os pesos são normativos e ilustrativos, e não derivam da lei. Cada componente é normalizado por mínimo e máximo dentro do estado, no intervalo de zero a um. AP_i é a proporção da área municipal em unidades de conservação. QA_i é a média simples da cobertura natural em 2022 e do complemento da perda de cobertura natural desde 2018. IS_i é a média simples de três componentes orientados a favorecer municípios mais pobres: o complemento do IDHM de 2010, a proporção de pobres de 2010 e o complemento do logaritmo do produto per capita de 2022. A proporção de área em unidades de conservação foi corrigida porque o painel original somava a área legal total de cada unidade a todos os municípios que ela toca, inclusive a parte marinha. As unidades multimunicipais têm a área terrestre rateada em proporção à área municipal, regra explícita, pois o cadastro não informa a divisão. A sobreposição entre unidades não é identificável sem polígonos. Somam-se as áreas, e o valor é truncado em 100% da área municipal.

O financiamento do fundo é uma hipótese de trabalho, e não uma regra legal. Cada município perde uma fração proporcional à sua cota:

$$L_i = \alpha P_s \times \frac{\mathrm{cota}_i}{\sum_{j \in s} \mathrm{cota}_j}, \qquad N_i = R_i - L_i$$

O resultado líquido N_i define ganhadores ($N_i > 0$) e perdedores ($N_i < 0$). A receita total per capita neutra é $(\mathrm{cota}_i + R_i - L_i)/\mathrm{pop}_i$. A variante aditiva, sem retirada, é $(\mathrm{cota}_i + R_i)/\mathrm{pop}_i$ e entra como robustez.

2.4.5. Cenários

Os quatro critérios variam os pesos (w_1, w_2, w_3). O Critério 1 usa somente área protegida (1; 0; 0). O Critério 2 combina área protegida e qualidade ambiental (0,7; 0,3; 0). O Critério 3 acrescenta peso socioeconômico moderado (0,5; 0,3; 0,2). O Critério 4 o acrescenta de forma mais forte (0,4; 0,3; 0,3). Combinados aos cinco volumes, formam 20 cenários. A Tabela 1 registra o desenho. A sensibilidade do índice socioeconômico foi testada de duas formas: usando apenas um de seus componentes e atribuindo aos seis municípios sem IDHM o índice igual à mediana estadual, valor rotulado como imputação (Tabelas 14 e 15, Apêndices G e H).

Tabela 1. Desenho dos cenários simulados

Cenário	Fundo (α, % do conjunto estadual)	w1 (área protegida)	w2 (qualidade ambiental)	w3 (socioeconômico)	Normalização
Base observada	0	—	—	—	—
Critério 1	0,5; 1,0;	1,0	0,0	0,0	Mínimo

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria.

Nota: Variáveis: volume, pesos, normalização e base do fundo. Hipótese testada: nenhuma (rastreabilidade). Financiamento:

retirada proporcional à cota; variante aditiva como robustez. *1,25% = 5% da cota municipal: referência de regime pleno (seção 2.4.4).

2.4.6. Desfechos e Métricas

O primeiro desfecho é a desigualdade da receita ambiental per capita, medida pelos índices de Gini e de Theil T, calculados com municípios de peso igual e ponderados pela população. O Gini usa a regra do trapézio sobre a curva de Lorenz com pesos w :

$$G = 1 - \sum_{k=1}^{n} (W_k - W_{k-1})(Y_k + Y_{k-1})$$

em que W_k e Y_k são as proporções acumuladas de peso e de receita, com os municípios ordenados pela receita per capita. O Theil T é $T = \sum_i w_i (y_i / y) \ln(y_i / y)$, com termo nulo quando $y_i = 0$. Ele se decompõe em parcelas entre e dentro de grupos (estado, região e bioma). Uma propriedade do modelo decorre da estrutura: se a repartição é proporcional a um índice, o Gini e o Theil da receita ambiental per capita não dependem de α . Por isso, o efeito do volume só aparece em desfechos que incluem outra base, como a receita total per capita e a receita ambiental como percentual da cota. O segundo desfecho é a classificação de ganhadores e perdedores, por região, bioma e quintil de produto per capita, calculados sobre os 5.557 municípios. Como a retirada é proporcional à cota, a classificação foi idêntica nos cinco valores de α . O terceiro é a correlação de postos de Spearman entre o resultado líquido per capita e o produto per capita. O quarto é a parcela do fundo que cabe a municípios com proporção elevada de área protegida. O quinto é a decomposição, na grade de volumes e pesos, das somas de quadrados do Gini e do Theil da receita total e do percentual da cota, que é descritiva, pois os 20 cenários são determinísticos.

2.4.7. Validação no Paraná, Inferência e Replicabilidade

A validação compara, para os 399 municípios do Paraná, a receita ambiental simulada no ano-base 2022 sob os Critérios 1 a 4 com o ICMS Ecológico municipal publicado pelo estado em 2022, separado em biodiversidade, mananciais e total. O desenho real é outro: usa fator de conservação, área e mananciais, e não os critérios do artigo. Por isso, a comparação mede a aderência de ordenamento e de concentração, e não o acerto de valores em reais. Usam-se a correlação de postos de Spearman, o índice de Jaccard entre os 25% maiores receptores e o Gini e o Theil da receita per capita, com e sem ponderação pela população. A publicação lista apenas os municípios que recebem, e os demais foram tratados como zero. A estabilidade foi examinada de 2019 a 2023, anos em que os valores publicados são brutos. Não se fixou critério numérico de aceitação, e a leitura é descritiva. A comparação não testa o índice socioeconômico nem a retirada proporcional, pois o desenho real não tem esses componentes.

Não foram calculados intervalos de confiança por reamostragem, razão de Palma, índice de Atkinson nem decomposição de Shapley. As comparações entre cenários são, portanto, descritivas e sem medida de incerteza. Os códigos de correção das unidades de conservação e de simulação, com os arquivos de saída, ficarão em repositório anonimizado durante a avaliação.

2.5. Resultados

Os resultados são preliminares e descrevem o universo e o ano-base do estudo. Não têm interpretação causal e não se estendem a outros

anos ou a outras regras de repartição. As tabelas secundárias estão nos apêndices (Tabelas 8 a 15, Apêndices A a H).

2.5.1. Dados e Linha de Base

O universo principal reúne 5.557 municípios, de 5.571 linhas do painel, após 14 exclusões. A soma da cota municipal observada é de R$ 170,12 bilhões, e o conjunto estadual proxy soma R$ 680,75 bilhões. O fundo de 1,0% equivale a R$ 6,81 bilhões, e o de 1,25%, a R$ 8,51 bilhões. A cota observada é ausente em 42 municípios: 23 no Sul, 10 no Nordeste, 6 no Norte, 2 no Centro-Oeste e 1 no Sudeste. Quanto à área em unidades de conservação, 63,8% dos municípios têm proporção zero após a correção, e 319 têm 50% ou mais. A truncagem em 100% atingiu 59 municípios, e em 626 dos 5.571 municípios do painel a área original superava a municipal. A Tabela 8 (Apêndice A) traz as características por região.

2.5.2. Validação da Linha de Base no Paraná

A validação é parcial. Cobre um estado, usa um desenho real diferente do simulado e não testa o índice socioeconômico nem a retirada proporcional. No Paraná, 65,9% dos 399 municípios recebem ICMS Ecológico no total, 56,6% recebem pelo critério de biodiversidade e 21,3% pelo de mananciais. A Tabela 2 resume a comparação.

Tabela 2. Validação da linha de base: Paraná, 2022, receita ambiental simulada versus ICMS Ecológico publicado (399 municípios)

Critério	Spearman (total)	Spearman (biodiversidade)	Spearman (mananciais)	Jaccard dos 25% maiores (total)	Gini po
Critério 1	0,507	0,538	0,128	0,370	0,89
Critério 2	0,452	0,441	0,135	0,325	0,69
Critério 3	0,384	0,450	0,013	0,325	0,70
Critério 4	0,341	0,426	-0,025	0,307	0,70

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria, a partir do ICMS Ecológico municipal publicado pelo Paraná.
Nota: Variáveis: correlação de postos de Spearman em nível, índice de Jaccard e Gini da receita per capita. Hipótese testada: nenhuma (validação do dado).

Em ordenamento, a aderência é moderada. O Spearman com o repasse total vai de 0,341 (Critério 4) a 0,507 (Critério 1), e com a biodiversidade, de 0,426 a 0,538. Para mananciais, a aderência é fraca, com Spearman de −0,025 a 0,135. A sobreposição entre os 25% maiores receptores é modesta: o Jaccard vai de 0,307 a 0,370 no total e de 0,130 a 0,190 em mananciais. O Critério 1 tem 299 municípios paranaenses com receita simulada zero, o que gera empates e torna seu Spearman menos informativo.

Em concentração, a aderência também é moderada e depende da ponderação. Com ponderação pela população, o Gini publicado é

0,808, e o simulado é 0,893 no Critério 1 e de 0,690 a 0,709 nos demais. Sem ponderação, o publicado é 0,820, e os Critérios 2 a 4 ficam em 0,443 a 0,452, bem abaixo. De 2019 a 2023, o Spearman com a biodiversidade variou de 0,425 a 0,557 e o de mananciais, de −0,025 a 0,174, sem mudança de leitura. O total simulado a 1,0% (R$ 404,6 milhões) equivale a 0,792 do total publicado (R$ 511,1 milhões). Essa razão escala com α e não mede ajuste. Os resultados não autorizam afirmar que a simulação acerta valores, nem generalizar para outros estados, nem validar o índice socioeconômico ou o financiamento por retirada.

2.5.3. Desigualdade por Cenário (H1 e H3)

A Tabela 3 e a Figura 2 trazem os índices de Gini e de Theil da receita ambiental per capita. Os valores são idênticos nos cinco volumes, com diferença máxima de 8×10^{-16} no Gini. Sem ponderação, o Gini cai de 0,9155 no Critério 1 para 0,5826 no Critério 2, 0,5757 no Critério 3 e 0,5766 no Critério 4. O Theil T cai de 2,2866 para 0,6360, 0,6070 e 0,6074. Com ponderação, o Gini vai de 0,8875 para 0,7268, 0,7330 e 0,7372, e o Theil, de 2,0903 para 1,1084, 1,1172 e 1,1315. Os Critérios 3 e 4 têm, assim, menor desigualdade que o Critério 1 em todas as medidas. A redução, porém, já ocorre na passagem ao Critério 2, que não tem peso socioeconômico. Do Critério 2 ao 4, o Gini sem ponderação cai de 0,5826 para 0,5766, e o ponderado sobe de 0,7268 para 0,7372. Portanto, o aumento do peso socioeconômico não reduz a desigualdade ponderada pela população nos Critérios 2 a 4.

Tabela 3. Desigualdade da receita ambiental per capita por critério (invariante ao volume)

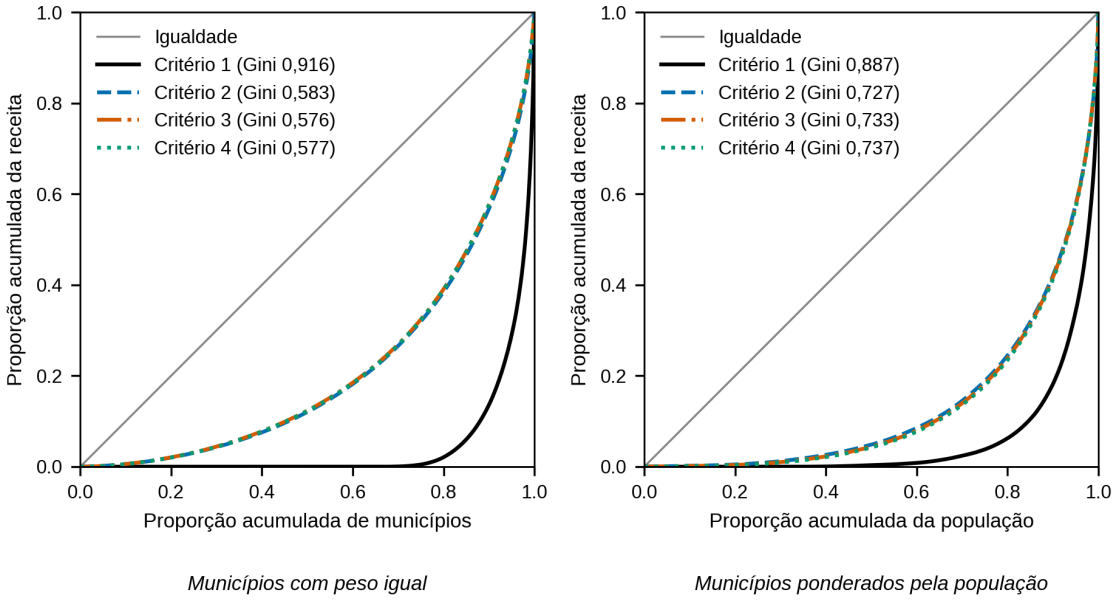
Critério	Gini (sem pond.)	Theil T (sem pond.)	Δ Gini vs. C1 (sem pond.)	Gini (pond. pop.)	Theil (pon pop.
Critério 1	0,9155	2,2866	0,0000	0,8875	2,090
Critério 2	0,5826	0,6360	-0,3329	0,7268	1,108
Critério 3	0,5757	0,6070	-0,3398	0,7330	1,117
Critério 4	0,5766	0,6074	-0,3390	0,7372	1,131

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).
Nota: Variáveis: Gini e Theil T da receita ambiental per capita. Hipótese testada: H1 e, com a Tabela 9 (Apêndice B), H3. Sem intervalo de confiança.

No Critério 1, 3.547 dos 5.557 municípios (63,8%) têm índice de elegibilidade igual a zero e nada recebem, e nos demais critérios nenhum município tem elegibilidade nula. A Figura 1 mostra as curvas de Lorenz.

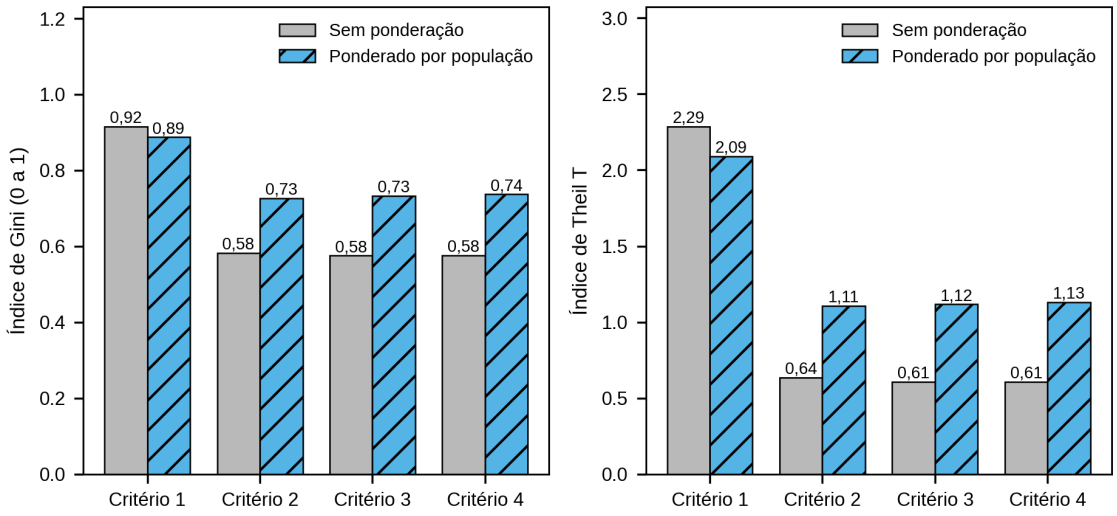
Figura 1. Curvas de Lorenz da receita ambiental per capita por critério, 5.557 municípios, ano-base 2022



Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Hipótese testada: H1.

Figura 2. Gini e Theil T da receita ambiental per capita por critério, com e sem ponderação pela população



Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Hipótese testada: H1.

A Tabela 4 mostra a desigualdade da receita total per capita, que depende do volume. A base tem Gini de 0,4400 sem ponderação e 0,3938 com ponderação. Com o fundo de 1,25% (referência de regime pleno), o Critério 1 eleva o Gini sem ponderação a 0,4504, e os Critérios 2, 3 e 4 o reduzem a 0,4381, 0,4376 e 0,4377. Com o fundo de

2,0%, o Critério 1 chega a 0,4662, e os demais ficam entre 0,4401 e 0,4409. Com ponderação, as diferenças são menores, de 0,3931 a 0,4006 no fundo de 2,0%. Em todos os volumes, os Critérios 3 e 4 têm Gini da receita total menor que o do Critério 1, e a diferença máxima entre os Critérios 2, 3 e 4 é de 0,0008 sem ponderação. A variante aditiva, sem retirada, mantém a ordem: no fundo de 1,25%, o Gini sem ponderação é 0,4493, 0,4380, 0,4375 e 0,4376 para os Critérios 1 a 4.

Tabela 4. Desigualdade da receita total per capita (cota, mais receita ambiental, menos retirada proporcional), 5.515 municípios

Cenário	Fundo (% do conjunto estadual)	Gini (sem pond.)	Theil T (sem pond.)	Gini (pond. pop.)	Theil (pon pop.
Base (cota observada)	—	0,4400	0,3367	0,3938	0,306
Critério 1	0,5%	0,4397	0,3358	0,3927	0,305
Critério 2	0,5%	0,4377	0,3305	0,3925	0,305
Critério 3	0,5%	0,4376	0,3299	0,3926	0,306

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: Gini e Theil T da receita total per capita. Hipótese testada: H1 e H4. *Referência de regime pleno. Sem intervalo de confiança.

Para H3, a parcela do fundo que vai aos 319 municípios com 50% ou mais de área em unidades de conservação é de 43,4% no Critério 1, 19,6% no Critério 2, 14,7% no Critério 3 e 12,9% no Critério 4. A que vai ao decil de maior proporção de área protegida é de 66,4%, 29,8%, 22,9% e 20,4%. A concentração cai de forma monótona com o peso socioeconômico. O Gini sem ponderação acompanha essa queda até o Critério 3 e sobe 0,0009 no Critério 4, e o ponderado é mínimo no Critério 2 entre os Critérios 2 a 4 (Tabela 3). A sensibilidade ao índice socioeconômico é pequena: nas variantes com um só componente, o Gini ponderado dos Critérios 3 e 4 fica entre 0,7286 e 0,7430, acima do valor do Critério 2 (0,7268).

2.5.4. Ganhadores e Perdedores (H2)

Com a retirada proporcional à cota, cada município perde de 2,0% a 8,0% da cota, conforme o volume, ou seja, 5,0% no fundo de 1,25% (intervalo de 5,00% a 5,06%). A classificação é idêntica nos cinco volumes. Sob o Critério 1, 22,63% dos municípios ganham, e eles abrigam 17,92% da população. Nos Critérios 2, 3 e 4, ganham 80,80%, 81,90% e 82,03% dos municípios, que abrigam de 32,08% a 32,21% da população (Tabela 5).

Tabela 5. Municípios ganhadores e perdedores (retirada proporcional à cota; idêntico nos cinco volumes; 5.515 municípios com cota observada)

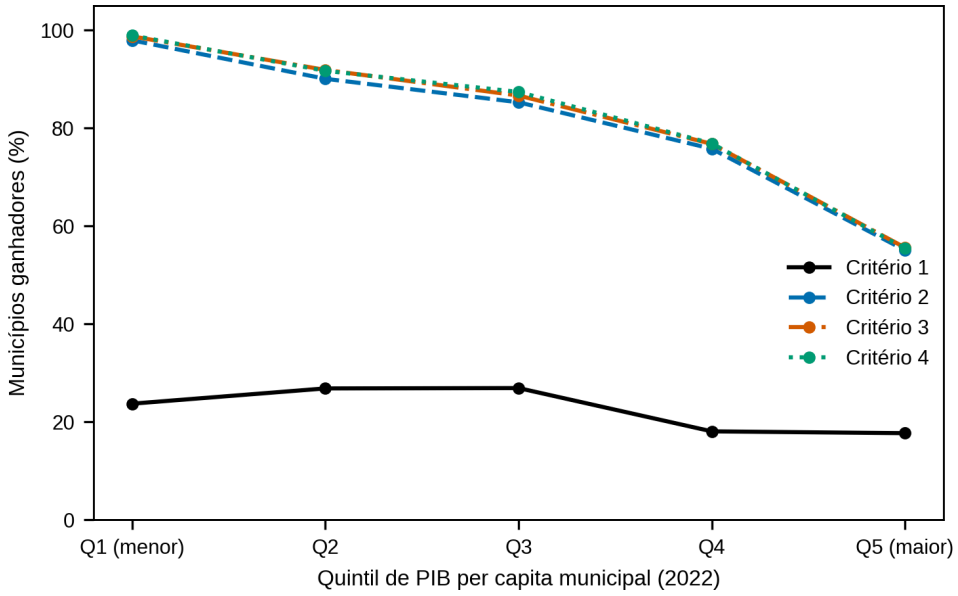
Critério	% de municípios ganhadores	% de municípios perdedores	% da população em municípios ganhadores
Critério 1	22,63	77,37	17,92
Critério 2	80,80	19,20	32,17

Critério 3	81,90	18,10	32,21
Critério 4	82,03	17,97	32,08

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).
Nota: Variáveis: sinal do resultado líquido. Hipótese testada: H2.

Nos Critérios 3 e 4, a proporção de ganhadores cai de forma regular com o quintil de produto per capita, de 98,73% e 98,91% no primeiro quintil para 55,60% e 55,42% no quinto (Tabela 10, Apêndice C). No Critério 1, a proporção é de 23,71% no primeiro quintil e 17,69% no quinto, com 26,83%, 26,90% e 18,06% nos intermediários, sem queda regular. No fundo de 1,25% (referência de regime pleno), a mediana do resultado líquido do Critério 3 vai de 15,43% da cota no primeiro quintil a 0,82% no quinto. No Critério 1, ela é de −5,00% em todos os quintis. A Figura 3 reúne esses resultados.

Figura 3. Percentual de municípios ganhadores por quintil de produto per capita (financiamento proporcional à cota; igual nos cinco volumes)



Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Hipótese testada: H2.

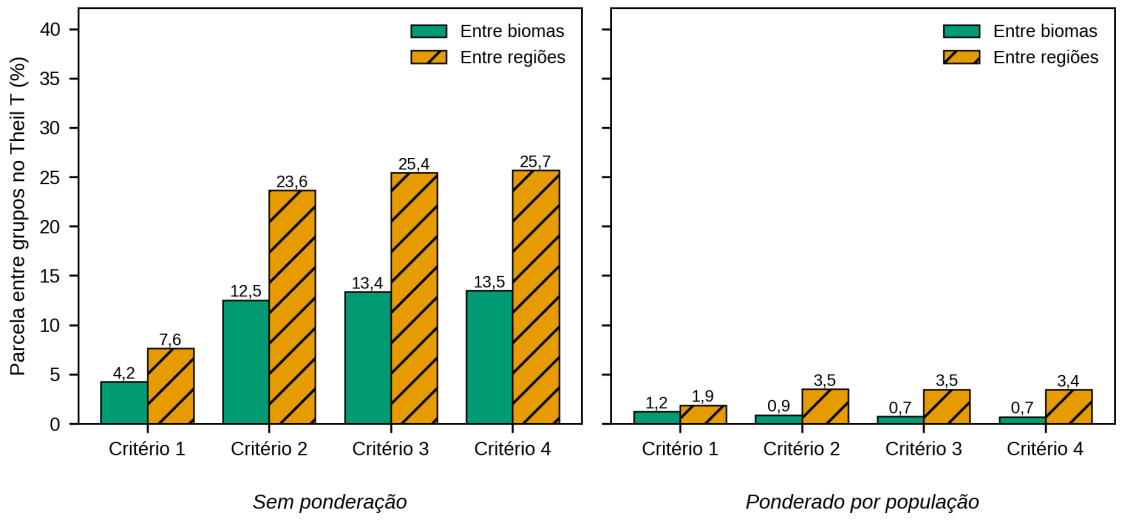
A correlação de postos de Spearman entre o resultado líquido per capita e o produto per capita é de −0,486 no Critério 1, −0,117 no Critério 2, −0,130 no Critério 3 e −0,135 no Critério 4. A correlação é mais negativa no Critério 1 do que nos Critérios 3 e 4, o contrário da ordem prevista em H2. Considerada só a receita ambiental, sem a retirada, a correlação com o produto per capita é positiva nos quatro critérios: 0,052, 0,174, 0,139 e 0,128.

Os ganhadores diferem entre regiões e biomas (Tabela 11, Apêndice D). No Critério 3, a proporção vai de 76,24% no Centro-Oeste a 85,50% no Nordeste e, por bioma, de 67,92% no Pampa a 89,78% na Caatinga. O Pantanal tem 9 municípios, e 55,56% deles ganham. No Critério 1, vai de 13,91% no Sul a 35,97% no Norte e de 13,84% no Pampa a 37,65% na Amazônia.

A decomposição do Theil T da receita ambiental per capita mostra que a maior parte da desigualdade ocorre dentro dos grupos (Tabela 12 (Apêndice E) e Figura 4). Com ponderação pela população, a parcela entre biomas é de 1,2% no Critério 1 e de 0,7% nos Critérios 3 e 4, e a parcela entre regiões é de 1,9% no Critério 1 e de 3,4% a 3,5%

nos demais. Sem ponderação, a parcela entre biomas vai de 4,2% a 13,5%, e entre regiões, de 7,6% a 25,7%. Entre estados, a parcela é de 35,1% no Critério 3 sem ponderação e de 4,7% com ponderação. Não há teste de significância para essas parcelas.

Figura 4. Parcela entre grupos na decomposição do Theil T da receita ambiental per capita, por bioma e região



Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Hipótese testada: H2.

2.5.5. Volume e Desenho (H4)

A receita ambiental como percentual da cota cresce com o volume e varia entre municípios (Tabela 6). No fundo de 1,25% (referência de regime pleno), a média é de 13,68% no Critério 1, 17,17% no Critério 2, 18,15% no Critério 3 e 18,47% no Critério 4. A mediana é zero no Critério 1 e de 12,42% a 14,48% nos demais. O percentil 90 vai de 33,83% a 38,69%, e o máximo, de 595,9% a 908,1%. Os demais volumes estão na Tabela 13 (Apêndice F). O percentual é calculado sobre a cota, e não sobre a receita corrente, que não entrou na base.

Tabela 6. Receita ambiental como percentual da cota municipal observada, fundo de 1,25%* (5.515 municípios com cota observada)

Fundo	Critério	Média	Mediana	p90	Máxi
1,25%*	Critério 1	13,68	0,00	38,69	595,
1,25%*	Critério 2	17,17	12,42	33,83	736,
1,25%*	Critério 3	18,15	14,06	35,20	867,
1,25%*	Critério 4	18,47	14,48	35,66	908,

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).
Nota: Variáveis: receita ambiental dividida pela cota-parte de 2022, em porcentagem. Hipótese testada: H4 e implicações contábeis. *Referência de regime pleno.

A Tabela 7 decompõe a variação entre as 20 células da grade em parcelas atribuídas ao volume, aos pesos e à interação. Para o Gini da receita total sem ponderação, o volume responde por 16,9%, os pesos por 61,0% e a interação por 22,1%. Para o Theil, as parcelas são 8,5%, 66,2% e 25,3%. Com ponderação, são 21,0%, 51,5% e 27,5% para o Gini, e 6,1%, 60,5% e 33,4% para o Theil. Para a média municipal do percentual da cota, o volume responde por 91,6% e os pesos por 7,3%. Para a mediana, as parcelas são 28,9% e 61,3%. A decomposição é descritiva, depende das faixas escolhidas e não tem medida de incerteza. A diferença absoluta entre cenários no Gini da receita total é pequena (Tabela 4).

Tabela 7. Decomposição descritiva da soma de quadrados na grade de 5 volumes por 4 critérios

Desfecho	% explicado pelo volume	% explicado pelos pesos	% interação
Gini da receita total per capita (sem pond.)	16,9	61,0	22,1
Theil T da receita total per capita (sem pond.)	8,5	66,2	25,3
Gini da receita total per capita (pond. pop.)	21,0	51,5	27,5
Theil T da receita total per capita (pond. pop.)	6,1	60,5	33,4
Média municipal da receita ambiental, % da cota	91,6	7,3	1,2
Mediana municipal da receita ambiental, % da cota	28,9	61,3	9,8

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).
Nota: Variáveis: soma de quadrados entre as 20 células. Hipótese testada: H4.

Não foram calculadas a sensibilidade por porte de município, a dependência de transferências nem a frequência de variações acima de limiares, pois dependem de receita corrente e de despesa de capital, ausentes da base.

2.6. Discussão

2.6.1. Síntese Frente às Hipóteses

O Quadro 1 resume o veredito para cada hipótese. Todas são sustentadas apenas em parte. Os resultados contrariam o previsto

em três pontos: o peso socioeconômico não reduz o Gini ponderado do Critério 2 ao Critério 4, a correlação entre o resultado líquido e o produto per capita é mais negativa no Critério 1 do que nos Critérios 3 e 4, e o volume explica mais que os pesos a média do percentual da cota. Não há intervalos de confiança, de modo que os critérios de refutação baseados em intervalos não puderam ser aplicados.

Quadro 1. Veredito sobre as hipóteses

Hipótese	Veredito	Evidência
H1: Critérios 3 e 4 têm menor desigualdade que o Critério 1	Sustenta em parte	Gini sem ponderação de 0,5757 e 0,5766 contra 0,9155; ponderado, de 0,7330 e 0,7372 contra 0,8875 (Tabela 3). A queda já ocorre no Critério 2. Do Critério 2 ao 4, o Gini ponderado sobe
H2: ganhos e perdas diferem entre grupos e se correlacionam mais negativamente com o produto nos Critérios 3 e 4	Sustenta em parte	A proporção de ganhadores difere entre regiões e biomas (Tabela 11, Apêndice D) e cai com o quintil de produto nos Critérios 3 e 4 (Tabela 10, Apêndice C). A correlação de Spearman é −0,486 no Critério 1 e cerca de −0,13 nos Critérios 3 e 4, o contrário do previsto
H3: mais peso socioeconômico reduz a concentração em municípios de maior área protegida e a desigualdade	Sustenta em parte	A concentração cai de 43,4% para 12,9% do fundo nos municípios com 50% ou mais de área protegida (Tabela 9, Apêndice B). A desigualdade sobe 0,0009 no Critério 4 e, ponderada, sobe do Critério 2 ao 4
H4: os pesos explicam mais que o volume nos desfechos	Sustenta em parte	Para Gini e Theil da receita total, os pesos respondem por 51,5% a 66,2% e o volume por 6,1% a 21,0% (Tabela 7). Para a média do percentual da

dependentes do volume		cota, o volume responde por 91,6% e os pesos por 7,3%

Fonte: elaboração própria (síntese dos resultados das Tabelas 3, 7 e 9 a 11).

Nos cenários simulados, a receita ambiental per capita tem correlação positiva fraca com o produto per capita (de 0,05 a 0,17), o que sugere cautela quanto ao efeito redistributivo do critério por si só. Costa *et al.* (2024) indicam que transferências condicionadas equalizam mais no semiárido. Aqui, a proporção de ganhadores é maior nos municípios de menor produto sob os Critérios 3 e 4, mas a correlação do resultado líquido com o produto é fraca (cerca de −0,13).

2.6.2. Implicações para a Contabilidade e as Finanças Públicas Municipais

Se um desenho como o simulado fosse adotado, a previsão orçamentária da receita ambiental exigiria cautela. No Critério 3, com o fundo de 1,25% (referência de regime pleno), a receita ambiental média equivale a 18,15% da cota, o percentil 90 a 35,20% e o máximo a 867,1% (Tabela 6). A receita ambiental pode ter peso relevante para alguns municípios e marginal para outros. A previsão na lei orçamentária ficaria sujeita a indicadores de terceiros e a defasagens de apuração, o que afeta a verificabilidade e a conciliação entre receita prevista e realizada. Sob a retirada proporcional, 18,10% dos municípios teriam resultado líquido negativo no Critério 3 e 77,37% no Critério 1. Essa perda equivale a 5,0% da cota no fundo de 1,25% e resulta da hipótese de financiamento, e não de regra legal.

A classificação e a evidenciação da receita condicionada pedem que o município distinga a parcela vinculada ao critério ambiental, a partir dos valores que o comitê gestor divulga por ente (Brasil, 2026). A governança dos indicadores é um ponto crítico. A correção das unidades de conservação mostrou que a área original do painel superava a municipal em 626 municípios, e que 59 municípios continuaram acima de 100% após o rateio. Se a uniformização de critérios reduzir a margem dos estados, municípios hoje beneficiados por regras estaduais poderão perder receita. Essa leitura é condicional, pois a Constituição atribui a definição dos indicadores à lei estadual, e a uniformização nacional não está em vigor.

2.6.3. Implicações para a Formulação de Política

Nos cenários simulados, a passagem do Critério 1 para o Critério 2, que inclui qualidade ambiental, foi a que mais alterou a desigualdade (Gini sem ponderação de 0,9155 para 0,5826). A passagem do Critério 2 ao Critério 4, que acrescenta peso socioeconômico, alterou o Gini em no máximo 0,0104. Esse padrão é compatível com a leitura de que a inclusão de um componente que atinge todos os municípios importa mais do que o peso socioeconômico adicional, em um universo onde 63,8% dos municípios têm área protegida zero. O volume afeta a desigualdade da receita total sobretudo no Critério 1, em que o Gini sem ponderação vai de 0,4397 a 0,4662 entre os fundos de 0,5% e 2,0% (Tabela 4). O artigo não recomenda alíquota nem percentual. Os resultados informam a escolha de indicadores pelos legisladores estaduais, sem substituí-la.

2.6.4. Limites

O modelo é estático e não capta comportamento. A área protegida é endógena ao instrumento, pois já responde ao ICMS Ecológico (Droste *et al.*, 2017; Ruggiero *et al.*, 2022). Os pesos são normativos e arbitrários. Os principais limites são os seguintes. Primeiro, a cota observada é ausente em 42 municípios, 23 deles no Sul, que ficam fora das métricas de receita total e de ganhadores. Segundo, os dados socioeconômicos são de 2010, e dois municípios têm proporção de pobres igual a zero, possível artefato do Atlas. Terceiro, a base de comparação é a cota total de ICMS, e não o repasse efetivo do ICMS Ecológico. Quarto, a área em unidades de conservação tem sobreposições não identificáveis sem polígonos e foi truncada em 59 municípios. Quinto, a retirada proporcional é neutra e não legal, e a classificação de ganhadores depende dela. Sexto, o conjunto estadual é um proxy, e a cota ausente entra como zero. Sétimo, o critério ambiental de cinco por cento é definido por lei estadual, de modo que o regime real são vinte e sete leis estaduais, e o cenário nacional uniforme é contrafactual e não descreve o direito vigente. Oitavo, a referência de regime pleno (1,25% do conjunto estadual) aproxima o regime pleno e não a transição, pois entre 2029 e 2077 só a parcela não retida está sujeita ao art. 158, IV, b (Brasil, 2023, ADCT, art. 131, §§ 3º e 4º), e o conjunto estadual é uma proxy baseada na cota do ICMS (soma da cota dividida por 0,25), e não o produto efetivo do IBS. Nono, não há intervalos de confiança. Décimo, a busca bibliográfica não é reprodutível, pois não se registraram a data, as expressões literais das consultas nem os critérios de ordenação da ferramenta de apoio.

A validação no Paraná tem limites próprios. É parcial e restrita a um estado. O desenho real difere do simulado, de modo que a aderência de ordenamento e de concentração não indica acerto de valores. A validação não testa o índice socioeconômico nem a retirada

proporcional, que não existem no desenho real. Os municípios sem repasse listado foram tratados como zero, e seis linhas de mananciais foram atribuídas por ordem alfabética. A aderência para mananciais é fraca (Tabela 2). A validade externa se restringe ao universo e ao ano-base. O desenho hipotético não é previsão. Pesquisas posteriores, com modelos dinâmicos e quase-experimentais, poderão estimar incentivos, que este artigo não estima.

2.6.5. Ajustes Registrados Após a Observação dos Resultados

Quatro ajustes foram feitos depois de observar os dados, e nenhuma hipótese nem veredito foi reformulado. Primeiro, os desfechos de H4 foram redefinidos: o percentual da cota substituiu a proporção da receita corrente e da despesa de capital, que não entraram na base. Segundo, para H2, além da correlação prevista, reportou-se o gradiente da proporção de ganhadores por quintil de produto, indicador exploratório que não constava do plano. A correlação prevista foi mantida e contraria a hipótese. Terceiro, o cenário de 1,25% do conjunto estadual (5% da cota) foi acrescentado à grade depois dos primeiros resultados e passou a ser o volume de referência para os desfechos que dependem do volume (Tabelas 4 e 6 e valores líquidos). A grade passou de 16 para 20 cenários. Esse acréscimo não alterou nenhum veredito: os indicadores que independem do volume (Tabelas 3 e 5, Tabelas 9 a 12 (Apêndices B a E)) ficaram iguais, e na decomposição da Tabela 7 os pesos continuam explicando mais que o volume nos índices de desigualdade (51,5% a 66,2% contra 6,1% a 21,0%; antes, 47,7% a 62,1% contra 5,8% a 22,1%). Quarto, a comparação com o Paraná foi incluída depois dos resultados, sem critério numérico de aceitação, e sua

leitura é descritiva. A mudança de tabelas secundárias para os apêndices não alterou números.

3. CONCLUSÃO

A pergunta de pesquisa indagou como mudam, em cenários contrafactuais estáticos, a desigualdade e a distribuição de ganhos e perdas quando uma parcela fixa da receita-base do novo imposto é repartida por critérios ambientais e socioeconômicos. Nos cenários simulados para 5.557 municípios em 2022, a fórmula baseada só em área protegida teve Gini de 0,9155 e deixou 63,8% dos municípios sem receita, enquanto as fórmulas com qualidade ambiental tiveram Gini próximo de 0,58. O peso socioeconômico adicional não reduziu a desigualdade ponderada pela população. Com financiamento proporcional à cota, a proporção de ganhadores variou de 22,6% a 82,0% entre fórmulas e foi maior nos municípios de menor produto per capita. A contribuição está em comparar fórmulas de modo sistemático e em separar o efeito do volume do efeito do desenho. A aplicabilidade recai sobre legisladores estaduais, que definirão os indicadores ambientais, e sobre gestores municipais, que precisarão orçar a receita. Os resultados valem para um regime pleno hipotético com critério uniforme, e o regime real são vinte e sete leis estaduais. Os limites são os descritos na seção 2.6.4. Em particular, a validação no Paraná é parcial, com aderência moderada de ordenamento e fraca para mananciais, o estudo não mede incentivos e não prevê efeitos reais. A agenda futura inclui o repasse efetivo do ICMS Ecológico como base, indicadores socioeconômicos recentes e avaliação quase-experimental dos incentivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRETCHE, M. **Democracia, federalismo e centralização no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora FGV: Editora Fiocruz, 2012.

BOADWAY, R.; SHAH, A. **Fiscal federalism:** principles and practice of multiorder governance. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. DOI: 10.1017/CBO9780511626883.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:** texto compilado. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. **Emenda Constitucional nº 108, de 26 de agosto de 2020.** Altera a Constituição Federal para estabelecer critérios de distribuição da cota municipal do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), para disciplinar a disponibilização de dados contábeis pelos entes federados, para tratar do planejamento na ordem social e para dispor sobre o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb); altera o Ato das Disposições Constitucionais Transitórias; e dá outras providências. Brasília, DF, 2020.

_____. **Emenda Constitucional nº 132, de 20 de dezembro de 2023.** Altera o Sistema Tributário Nacional. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ed. 242, p. 1, 21 dez. 2023.

_____. **Lei Complementar nº 214, de 16 de janeiro de 2025.** Institui o Imposto sobre Bens e Serviços (IBS), a Contribuição Social sobre Bens e Serviços (CBS) e o Imposto Seletivo (IS); cria o Comitê Gestor do IBS e altera a legislação tributária. **Diário Oficial da União:** seção 1, Extra B, Brasília, DF, ed. 11-B, p. 1, 16 jan. 2025.

_____. **Lei Complementar nº 227, de 13 de janeiro de 2026.** Institui o Comitê Gestor do Imposto sobre Bens e Serviços (CGIBS); dispõe sobre o processo administrativo tributário do Imposto sobre Bens e Serviços (IBS) e sobre a distribuição do produto da arrecadação do IBS aos entes federativos; institui normas gerais relativas ao Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação de Quaisquer Bens ou Direitos (ITCMD); altera [...]. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ed. 9, p. 1, 14 jan. 2026.

BUSCH, J. *et al*. A global review of ecological fiscal transfers. **Nature Sustainability,** v. 4, n. 9, p. 756-765, 2021. DOI: 10.1038/s41893-021-00728-0.

COSTA, L. A. *et al*. Análise do efeito redistributivo das transferências intergovernamentais sobre as receitas municipais no semiárido brasileiro. **Revista de Administração Pública,** v. 58, n. 5, e2024-0010, 2024. DOI: 10.1590/0034-761220240010.

DROSTE, N. *et al*. Municipal responses to ecological fiscal transfers in Brazil. **Environmental Policy and Governance,** v. 27, n. 4, p. 378-393, 2017. DOI: 10.1002/eet.1760.

OATES, W. E. **Fiscal federalism.** New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1972.

RING, I. Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: the case of the ecological ICMS in Brazil. **Land Use Policy,** v. 25, n. 4, p. 485-497, 2008. DOI: 10.1016/j.landusepol.2007.11.001.

RUGGIERO, P. G. C. *et al*. The Brazilian intergovernmental fiscal transfer for conservation: a successful but self-limiting incentive

program. **Ecological Economics,** v. 191, 107219, 2022. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107219.

SIQUEIRA, R. B.; NOGUEIRA, J. R. B.; LUNA, C. F. **Impacto distributivo potencial de reformas na tributação indireta no Brasil:** simulações baseadas na PEC 45/2019. arXiv:2404.07651, 2024. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2404.07651.

TUPIASSU, L.; FADEL, L. P. S. L.; GROS-DÉSORMEAUX, J.-R. ICMS Ecológico e desmatamento nos municípios prioritários do estado do Pará. **Revista Direito GV,** v. 15, n. 3, e1928, 2019. DOI: 10.1590/2317-6172201928.

YOUNG, C. E. F.; MEDEIROS, R. (org.). **Quanto vale o verde:** a importância econômica das unidades de conservação brasileiras. Rio de Janeiro: Conservação Internacional, 2018.

APÊNDICE A – Características do universo principal por região

Tabela 8. Características do universo principal por região, ano-base 2022

Região	N	Pop. mediana	% de área em UC (média)	% de municípios sem UC	IDHM 2 (médi
Centro-Oeste	465	9.303	6,66	52,7	0,68
Nordeste	1.789	13.804	9,09	67,7	0,59
Norte	448	15.720	14,45	49,6	0,60
Sudeste	1.667	30.884	10,94	58,1	0,69

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: bases da seção 2.4.2 e elaboração própria.

Nota: Variáveis: população (Censo 2022), proporção de área em unidades de conservação corrigida, IDHM e pobreza de 2010, produto per capita de 2022 e cota ausente. Hipótese testada: nenhuma (qualidade e cobertura dos dados).

APÊNDICE B – Concentração do fundo em municípios de maior proporção de área protegida

Tabela 9. Concentração do fundo em municípios de maior proporção de área protegida (invariante ao volume; 5.557 municípios)

Critério	% do fundo em municípios com 50% ou mais de área protegida (N = 319)	% do fundo no decil de maior proporção de área protegida	Gini (sem pond.)	Gini (pond. pop.)
Critério 1	43,4	66,4	0,9155	0,8875
Critério 2	19,6	29,8	0,5826	0,7268
Critério 3	14,7	22,9	0,5757	0,7330
Critério 4	12,9	20,4	0,5766	0,7372

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: parcela do fundo por faixa de área protegida e Gini.

Hipótese testada: H3.

APÊNDICE C – Municípios ganhadores por quintil de produto per capita

Tabela 10. Percentual de municípios ganhadores por quintil de produto per capita (retirada proporcional à cota; idêntico nos cinco volumes)

Quintil de PIB per capita	N	C1	C2	C3	C4
Q1 (menor)	1105	23,71	97,92	98,73	98,9
Q2	1107	26,83	90,06	91,87	91,6
Q3	1093	26,90	85,27	86,64	87,3
Q4	1102	18,06	75,77	76,77	76,8
Q5 (maior)	1108	17,69	55,05	55,60	55,4

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: sinal do resultado líquido; porcentagem de municípios ganhadores por quintil. Hipótese testada: H2.

APÊNDICE D – Municípios ganhadores por região e bioma

Tabela 11. Percentual de municípios ganhadores por região e bioma (retirada proporcional à cota; idêntico nos cinco volumes)

Tipo	Grupo	N	% ganhadores C1	% ganhadores C3	% ganha es C
Região	Centro-Oeste	463	22,46	76,24	76,0
Região	Nordeste	1779	20,80	85,50	85,4
Região	Norte	442	35,97	78,96	80,0
Região	Sudeste	1666	27,19	83,13	83,3

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: porcentagem de ganhadores por grupo. O Pantanal tem 9 municípios. Hipótese testada: H2.

Nota: no fundo de 1,25% (referência de regime pleno), a mediana do resultado líquido do Critério 3, em % da cota, é Centro-Oeste 5,93; Nordeste 9,85; Norte 7,40; Sudeste 13,83; Sul 6,05.

APÊNDICE E – Decomposição do Theil T por bioma, região e estado

Tabela 12. Decomposição do Theil T da receita ambiental per capita por bioma, região e estado (invariante ao volume)

Grupo	Critério	Theil total (sem pond.)	Entre (sem pond.)	% entre (sem pond.)	Theil t (pon
Bioma	Critério 1	2,287	0,097	4,2	2,09

Bioma	Critério 2	0,636	0,080	12,5	1,106
Bioma	Critério 3	0,607	0,081	13,4	1,117
Bioma	Critério 4	0,607	0,082	13,5	1,132

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: componentes do Theil T por grupo. Hipótese testada: H2.

APÊNDICE F – Receita ambiental como percentual da cota, por volume e critério

Tabela 13. Receita ambiental como percentual da cota municipal observada, por volume e critério (5.515 municípios com cota observada)

Fundo	Critério	Média	Mediana	p90	Máxim
0,5%	Critério 1	5,47	0,00	15,48	238,4
0,5%	Critério 2	6,87	4,97	13,53	294,1
0,5%	Critério 3	7,26	5,63	14,08	346,1
0,5%	Critério 4	7,39	5,79	14,27	363,1
1,0%	Critério 1	10,95	0,00	30,96	476,1
1,0%	Critério 2	13,73	9,93	27,06	589,1

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: receita ambiental dividida pela cota-parte de 2022, em porcentagem. Hipótese testada: H4 e implicações contábeis. *Referência de regime pleno (seção 2.4.4 do artigo).

APÊNDICE G – Robustez do índice socioeconômico

Tabela 14. Robustez do índice socioeconômico (fundo de 1,0%): variantes com um só componente, Critérios 3 e 4

Variante do índice socioeconômico	Critério	Gini (sem pond.)	Gini (pond. pop.)	Theil (sem pond.)	Thei (pon pop.
IS composto	Critério 3	0,5757	0,7330	0,6070	1,117
IS composto	Critério 4	0,5766	0,7372	0,6074	1,131
IS	Critério 3	0,5771	0,7373	0,6095	1,132

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

APÊNDICE H – Robustez à imputação do índice socioeconômico

Tabela 15. Robustez à imputação do índice socioeconômico: desigualdade da receita ambiental per capita com índice igual à mediana estadual para seis municípios sem IDHM (fundo de 1,0%; 5.563 municípios)

Critério	N	Gini (sem pond.)	Gini (pond. pop.)	Theil (sem pond.)	Thei (pon pop.
Critério 1	5563	0,9154	0,8874	2,2857	2,089
Critério 2	5563	0,5825	0,7268	0,6358	1,108
Critério 3	5563	0,5756	0,7329	0,6068	1,116
Critério 4	5563	0,5764	0,7372	0,6072	1,131

⚠ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: https://revistatopicos.com.br/artigos/reparticao-ambiental-do-imposto-sobre-bens-e-servicos-entre-municipios-cenarios-contrafactuais?noblockage

Fonte: elaboração própria (simulação preliminar).

Nota: Variáveis: Gini, Theil T e percentual de ganhadores. Hipótese testada: estabilidade de H1 a H3.

[1] Mestrando em Administração e Contabilidade (Universidade Federal de Rondônia - UNIR). Especialista em Perícia Judicial e Extrajudicial (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas). MBA Data Science, Inteligência Artificial e Analytics (Universidade de São Paulo - USP/ESALQ). Servidor público estadual. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail. ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7017-3101. Lattes: https://lattes.cnpq.br/4644545170059480.

[2] MBA em Recuperação de Créditos Tributários e Previdenciários, MBA em Conciliação e Mediação de Conflitos pelo CNJ e LL.M em Direito Tributário. Advogada. Conciliadora e Mediadora judicial vinculada ao Conselho Nacional de Justiça. Professora no curso de Direito da Universidade Federal de Rondônia. Lattes: http://lattes.cnpq.br/0116712192301482.

[3] Mestranda em Administração e Contabilidade pela Universidade Federal de Rondônia (Unir), possui Graduação em Direito pelas Faculdades Integradas de Cacoal (2007) e Especialização em Direito Constitucional (2008) pela mesma instituição. É professora do quadro efetivo D 40 da Universidade Federal de Rondônia, lotada no Departamento Acadêmico de Administração do campus de Vilhena. Lattes: http://lattes.cnpq.br/3440326447294181.

[4] Mestranda do Programa de Pós-Graduação PPGAC da UNIR Vilhena, com a pesquisa voltada para área de Resiliência Organizacional; ESG e Cooperativismo. Pós-graduada em Estudo da Língua Portuguesa pela Faculdade UniBF (2022). Graduada em Letras/Português na Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Vilhena - Rondônia (2019), com habilitação em Língua Portuguesa e suas respectivas literaturas. É membro do

Grupo de Pesquisa em Poética Brasileira Contemporânea (GEPOEC), do departamento de Letras dessa Universidade. É coordenadora do CLLIC - Centro de Língua, Linguagem, Inovação e Cultura da FAVOO (coop). É professora de Cooperativismo na trilha formativa do Ensino Médio. É professora do Programa Cooperjovem nas séries finais do Ensino Fundamental II. É professora orientadora do Programa Cooperativa Mirim da FAVOO (coop). Em termos de pesquisa, atua na promoção do cooperativismo, na formação de sucessão dentro das cooperativas, no ensino dos ODS, Agenda 2030 e ESG.

[5] Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Rondônia, Mestre em Administração pela Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Mestre em Administração com Ênfase em Liderança -UNISA- SP, MBA em Gestão e Liderança - UNISA - SP, Especialista em Consultoria Empresarial e Gestão de Empresas, Especialista em Planejamento Estratégico e elaboração de projetos de viabilidade econômica. Atualmente atua como Professor da Universidade Federal de Rondônia no departamento de Ciências Contábeis, campus de Vilhena -RO. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8416-9529. Lattes: http://lattes.cnpq.br/0677741100288917.