



Metodologia para a Construção do Índice de Descarbonização para a Economia Brasileira

Construção de índice-piloto

José Féres

Sérgio Margulis

Março de 2023



1. Apresentação

Este relatório tem por objetivo apresentar a metodologia de construção dos índices-piloto de descarbonização da economia brasileira. Ao estabelecerem métricas para a mensuração objetiva do desempenho do país, estes índices podem ser adotados como instrumentos de monitoramento e assim contribuir para o aprimoramento da tomada de decisão por parte de formuladores de políticas públicas.

Dois aspectos importantes norteiam a construção dos índices. O primeiro diz respeito à sua capacidade não apenas de prover uma visão agregada do processo de descarbonização, mas também de avaliar seus aspectos setoriais. Por um lado, é importante que o indicador proposto propicie uma visão sintética do progresso em direção à economia de baixo carbono. Um indicador sintético, ao permitir a agregação do desempenho de diferentes setores e sumarizar a trajetória da economia como um todo, possui um forte potencial de influência sobre a opinião pública e sobre a formulação de políticas públicas. Por outro lado, a descarbonização da economia envolve mudanças no padrão de produção e consumo em diferentes setores. É necessário que o indicador seja flexível o suficiente para propiciar o acompanhamento desagregado de setores e processos-chave na trajetória de descarbonização da economia.

Para se obter esta articulação entre capacidade de síntese e desagregação setorial, os índices seguem uma estrutura semelhante ao *Environmental Performance Index* (EPI), indicador sintético proposto pelo *Yale Center for Environmental Law and Policy/Yale University* e pelo *Center for International Earth Science Information Network/Columbia University*. O EPI sumariza as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável em um único número, ao mesmo tempo em que oferece um panorama desagregado para diferentes dimensões da sustentabilidade.

A adaptação metodológica para os indicadores de descarbonização da economia brasileira deriva diretamente da estrutura do EPI: um único número-índice que pode ser desagregado para diferentes processos/setores chave das emissões brasileiras de gases de efeito estufa. A desagregação baseia-se na estrutura do documento “O Estado da Descarbonização no Brasil”, do Instituto Talanoa. Especificamente, são desagregados os seguintes componentes: (i) desmatamento, (ii) agropecuária, (iii) energia, (iv) mobilidade urbana, (v) transporte de carga e logística, (vi) resíduos e saneamento, (vii) indústria; e (viii) oceano e zonas costeiras.

O segundo aspecto diz respeito à distinção entre os resultados (“*outputs*”) da trajetória de descarbonização e os processos/políticas implementados que lhes servem de insumos (“*inputs*”). O objetivo final – a efetividade do processo de descarbonização – é melhor visualizado em termos de *outputs* tais como a redução de desmatamento e outras variáveis associadas a fontes de emissão de gás de efeito estufa. Já o engajamento dos agentes públicos é melhor monitorado através de indicadores de implementação de políticas públicas. Deve-se portanto acompanhar a trajetória da descarbonização da economia tanto em termos de resultados alcançados (“*outputs*”) quanto em termos do esforço dos agentes governamentais (“*inputs*”) para

se atingir os objetivos finais. Desta forma, propõe-se a construção de dois indicadores sintéticos: (i) o índice de descarbonização – enfoque resultados, que enfatiza os resultados alcançados do processo de descarbonização; e (ii) o índice de descarbonização da economia – enfoque políticas públicas, que permite evidenciar de forma mais explícita os esforços de políticas públicas. Os dois indicadores estão claramente correlacionados e fornecem visões complementares do processo de descarbonização.

Este primeiro relatório apresenta a proposta para a construção de indicadores-piloto nos dois enfoques – políticas públicas e resultados – para três componentes: desmatamento, agropecuária e energia. Na segunda etapa do projeto, está prevista a extensão dos índices para incorporar os demais setores/processos.

O documento está estruturado em três seções. Após esta seção introdutória, a segunda seção trata da seleção de variáveis referentes aos componentes desmatamento (seção 2.1), agropecuária (subseção 2.2) e energia (subseção 2.3). A terceira seção discute a ponderação das variáveis e apresenta o quadro geral da estrutura dos índices-piloto.

2. Seleção de variáveis

A seleção de variáveis associadas a cada componente foi baseada em três critérios: (i) relevância da variável como *proxy* para a descarbonização do setor; (ii) a confiabilidade das informações, que devem estar disponíveis ao acesso público e bem documentadas; e (iii) a periodicidade e regularidade com que a variável é divulgada, de modo a permitir a atualização dos indicadores.

A seguir, propõe-se uma breve descrição de cada variável selecionada. A discussão compreende uma justificativa para a escolha da variável, sua fórmula de cálculo e a fonte a partir da qual ela pode ser obtida.

2.1 Desmatamento

Desmatamento – enfoque resultados

Variável #1: Redução do desmatamento total (RDT)

Esta variável procura mensurar o grau de êxito das políticas públicas de combate ao desmatamento em alcançarem o seu objetivo precípuo: o desmatamento zero. A redução do desmatamento cumpre um papel primordial na transição para a economia de baixo carbono, uma vez que o uso da terra, por si só, representou 46% do total de emissões de gases de efeito estufa em 2020. Além disso, esta ação apresenta o maior potencial de mitigação entre todas as oportunidades disponíveis no Brasil e apresenta um baixo custo de abatimento de emissões.

Segundo dados do Relatório Anual de Desmatamento no Brasil, do MapBiomas, a perda de vegetação nativa totalizou 16.557 km² em 2021. Dados do INPE/Prodes apontam um total de 22.831,11 km², incluindo todos os biomas.

Este ano é usado como período base para a construção da variável. Em linha com o relatório “O Estado da Descarbonização no Brasil”, o benchmark utilizado é o desmatamento zero no ano de 2030. Para se alcançar esta meta na data-alvo de 2030, pressupõe-se uma redução anual de desmatamento da ordem de 2.854 km² em relação ao período precedente, considerando os dados oficiais de desmatamento divididos em 8 anos. Desta forma, a variável é definida pela fórmula:

$$RDT_t = \frac{\text{Min}(|\text{desmatamento total}_t - \text{desmatamento total}_{t-1}|, 2070)}{2854} \times 100$$

se desmatamento total_t ≤ desmatamento total_{t-1}

$$RDT_t = 0 \text{ se desmatamento total}_t > \text{desmatamento total}_{t-1}$$

onde *desmatamentototal_t* é o desmatamento total (em km²) observado no ano t e *desmatamentototal_{t-1}* é o desmatamento total (em km²) observado no ano anterior a t.

Fonte: Os dados para a construção da variável podem ser obtidos no Relatório Anual de Desmatamento no Brasil, publicado pelo MapBiomas e na ferramenta Terra Brasilis do INPE. Link para acesso: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio/> / <http://terrabilis.dpi.inpe.br/>

Desmatamento – enfoque políticas públicas

A seleção de variáveis associadas a políticas públicas que direta ou indiretamente impactam no combate ao desmatamento procurou conjugar indicadores relativos à efetividade dos instrumentos de comando e controle, bem como indicadores associados a políticas de combate ao desmatamento em áreas públicas e privadas.

Deve-se ressaltar que, nesta primeira versão do índice, não foi considerada a questão dos pagamentos por serviços ambientais. Apesar da importância deste instrumento na provisão de incentivos econômicos à redução do desmatamento em áreas privadas, atualmente não há informações consolidadas que permitam monitorar de forma sistemática a abrangência e efetividade da aplicação deste mecanismo. Com a implementação da Lei nº 14.119/21, que instituiu a política nacional e regulamentou o programa federal de pagamentos por serviços ambientais, espera-se que em breve estejam disponíveis registros consolidados das iniciativas de implementação deste instrumento. Versões futuras do índice deverão incorporar esta relevante questão.

Variável #2: alertas de desmatamento com registro de fiscalização (AL_FISC)

Esta variável tem por objetivo monitorar a efetividade das ações de fiscalização dos agentes públicos. Para tanto, serão utilizadas informações do Monitor de Fiscalização de Desmatamento do MapBiomas. Lançado em 2022, o sistema recolhe e organiza informações sobre autorizações de desmatamento, autuações de fiscalização e embargo emitidos pelos órgãos federais e estaduais de controle. Atualmente, além do governo federal, cinco estados disponibilizam dados: Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará e São Paulo. Ao comparar os dados de alerta de desmatamento emitidos pelo MapBiomas com o número de fiscalizações realizadas, é possível construir uma variável *proxy* para a efetividade das ações de fiscalização.

A fórmula de cálculo da variável é dada pelo percentual de alertas de irregularidades emitidos pelo MapBiomas que foram fiscalizados:

$$AL_FISC = \frac{n^{\circ} \text{ de alertas fiscalizados}}{n^{\circ} \text{ total de alertas emitidos}} \times 100$$

Fonte: Os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis em <https://plataforma.alerta.mapbiomas.org/monitor-da-fiscalizacao>.

Variável #3: cadastros ambientais com análise concluída (CAR_CONC)

Esta variável busca avaliar a efetividade da implementação do cadastro ambiental rural, identificando aqueles com análise concluída. São classificados em situação de análise concluída os cadastros que se encontram em uma das seguintes condições: (i) analisado, aguardando regularização ambiental (Lei nº 12.651/2012); (ii) analisado, em conformidade com a Lei nº 12.651/2012; (iii) analisado, em conformidade com a Lei nº 12.651/2012, passível de emissão de Cota de Reserva Ambiental; (iv) analisado, em regularização ambiental (Lei nº 12.651/2012). Desta forma, os cadastros com análise concluída representam o conjunto de propriedades rurais que estão em conformidade com o Código Florestal ou em processo de regularização do passivo ambiental.

O indicador é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$CAR_CONC = \frac{\text{área dos cadastros com análise ambiental concluída (em Mha)}}{\text{área cadastrada (em Mha)}} \times 100$$

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/servico-florestal-brasileiro/boletim-informativo-car>

Variável #4: Criação de novas unidades de conservação (NEW_APS)

Esta variável tem por objetivo monitorar a política de expansão de novas UCs federais, estaduais e municipais, excluindo a categoria de RPPN, e também a expansão territorial das Terras Indígenas. Uma vez que estas são importantes sumidouros de carbono e sua expansão é fundamental para a estratégia brasileira de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Para a definição da variável, adota-se o mesmo benchmark proposto no documento “O Estado da Descarbonização no Brasil”: a criação de 17Mha de novas áreas protegidas até 2030. Isso corresponde a um acréscimo médio anual de aproximadamente 1,9 milhão de ha/ano. O indicador proposto mensura o percentual de novas áreas de UCs e TIs criadas em relação à taxa de crescimento médio anual para se alcançar a meta de 2030.

$$NEW_APS = \frac{\text{Aumento anual da área total protegida (em 1mil ha)}}{\text{Aumento da área total de 1,9 milhão}} \times 100$$

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis em <https://cnuv.mma.gov.br/powerbi> e Funai.

Variável #5: efetividade das unidades de conservação federais no Brasil (INDEFET_UC)

Esta variável visa avaliar o cumprimento da política pública relacionada à conservação da biodiversidade por meio das Unidades de Conservação (UC). Não basta que novas UCs sejam criadas, é preciso que elas sejam efetivas. A avaliação da efetividade de gestão das UCs baseia-se no método RAPPAM, que busca indicar se as ações desenvolvidas atendem às necessidades das unidades de conservação de modo a garantir que seus objetivos sejam alcançados¹.

A aplicação desta metodologia permite a construção do índice de efetividade de gestão para cada UC. Este índice varia de 0 a 100% sendo que, quanto maior o índice (i.e., mais próximo de 100%), maior a efetividade da gestão da UC.

Embora possa ser atribuído um valor específico do índice para cada UC, são adotadas as seguintes faixas para qualificar os Índices de Efetividade:

- 0 a 20% - não efetiva: quando a unidade de conservação se encontra em situação plenamente desfavorável ou omissa em relação à conservação dos objetivos que motivaram a sua criação;
- 20,01% a 40% - reduzida efetividade: quando a UC se encontra em situação de dificuldade na gestão dos seus objetivos de conservação e apresenta um baixo desempenho de retorno da política pública para a sociedade;
- 40,01% a 60% - moderada efetividade: quando os objetivos de criação da unidade de conservação encontram-se em patamares mínimos para a sua conservação;

¹ Para detalhes sobre o método RAPPAM, ver “Efetividade de Gestão das Unidades de Conservação Federais” (WWF e ICMBio, 2012)

· 60,01% a 80% - efetiva: quando são atingidos os objetivos de criação da unidade de conservação; e

· 80,01% a 100% - alta efetividade: quando as ações de gestão e de manejo superam as expectativas da sociedade, com o pleno cumprimento, na UC, da política pública de conservação da biodiversidade.

O índice de efetividade é calculado a partir da distribuição das UCs entre estas cinco classes. Especificamente, ele é computado como a proporção de UCs classificadas como efetivas e de alta efetividade (i.e., com índices de efetividade acima de 60%):

$$INDEFET_{UC} = \frac{\text{n}^{\circ} \text{ de UCs federais classificadas como efetivas ou de alta efetividade}}{\text{n}^{\circ} \text{ total de UCs federais}} \times 100$$

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis nos Relatórios de aplicação do Sistema de Monitoramento e Gestão <http://samge.icmbio.gov.br/#resultados>

Variável #6: execução orçamentária IBAMA – gestão ambiental (EXE_ORC)

Esta variável tem por objetivo avaliar o grau de comprometimento do governo federal com os esforços diretamente relacionados com atividades de gestão ambiental do IBAMA. Para tanto, compara-se o valor do orçamento efetivamente executado na área de atuação de gestão ambiental com as despesas previstas em relação a esta rubrica.

$$EXE_{ORC} = \frac{\text{Despesa orçamentária executada IBAMA: ação ambiental}}{\text{Despesa orçamentária prevista IBAMA: ação ambiental}} \times 100$$

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis no Portal da Transparência do governo federal - <https://portaldatransparencia.gov.br/orgaos/20701-instituto-brasileiro-do-meio-ambiente-e-dos-recursos-naturais-renovaveis>.

2.2 Agropecuária

As variáveis selecionadas para o componente agropecuária do índice com enfoque em resultados estão associadas às principais fontes de emissões do setor. Já as variáveis relacionadas ao índice com enfoque em políticas públicas estão relacionadas com o crédito rural condicionado à contrapartida em externalidades ambientais.

Agropecuária – enfoque resultados

Variável #7: emissões por fermentação entérica (FERM_ENT)

Esta variável tem por objetivo monitorar a trajetória das emissões da pecuária relacionadas à fermentação entérica. As emissões de metano decorrentes do

processo digestivo dos animais ruminantes responderam por 63,7% do total de emissões de gases de efeito estufa da agropecuária em 2021, sendo a principal fonte emissora do setor².

Para a definição do benchmark da variável, adota-se o cenário de referência proposto no projeto Clima e Desenvolvimento, que prevê um crescimento das emissões decorrentes da fermentação entérica de 8% entre 2020 e 2030. Isto corresponde a uma taxa de crescimento média anual de aproximadamente 0,78%. A variável é construída a partir da comparação da taxa de crescimento das emissões observada a cada ano com a crescimento médio anual do cenário:

$$FERM_ENT = \left(1 - \frac{\text{Min}(\text{Variação \% emissões fermentação ano } t; 0,78\%)}{0,78\%} \right) \times 100$$

Fonte: a variável pode ser calculada a partir de dados disponíveis no SEEG

<https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Infograficos/PORT/2021/SEEG-infografico-Brasil-BR-2021-agropecuaria-rev.jpg>.

Variável #8: Pastos degradados (PAST_DEG)

Esta variável tem por objetivo monitorar a evolução da qualidade das pastagens no Brasil. A recuperação de pastagens degradadas pode resultar em ganhos de produtividade e simultaneamente reduzir as emissões associadas às atividades pecuárias.

A construção da variável é realizada a partir das classes de degradação propostas pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG). A classificação distingue três categorias: ausência de degradação, degradação moderada e degradação severa. A variável é definida pela participação das pastagens não degradadas em relação à pastagem total:

$$PAST_DEG = \frac{\text{Área de pastagem não degradada (Mha)}}{\text{Área total de pastagens (Mha)}} \times 100$$

Fonte: a evolução das áreas de pastagem segundo as três categorias podem ser consultadas no Atlas das Pastagens

<https://lapig.iesa.ufg.br/p/38972-atlas-das-pastagens>, produzido pelo LAPIG.

Variável #9: Intensidade de uso de fertilizantes (INT_FERT)

Esta variável procura acompanhar a evolução da intensidade do uso dos fertilizantes na agricultura brasileira. Boas práticas de uso de fertilizantes permitem maior eficiência produtiva, ao mesmo tempo em que reduzem a pressão ambiental pela

² Ver SEEG,

<https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Infograficos/PORT/2021/SEEG-infografico-Brasil-BR-2021-agropecuaria-rev.jpg>.

abertura de novas áreas para a expansão da produção agrícola e evitam emissões de gases de efeito estufa. A União Europeia já reduziu em 21% as emissões de GEE pela agricultura entre os anos 1990 e 2014 com a aplicação de menores doses de fertilizantes e aumentos de produtividade. Recentemente, foi publicada a estratégia *Farm to Fork*, com objetivos declarados de redução de 20% de redução no uso de fertilizantes minerais e pesticidas sintéticos.

Usando como referência de boas práticas a redução observada na redução de emissões da agricultura europeia no período 1990-2014, coloca-se como meta para o cenário brasileiro a redução de 8% da intensidade de uso de fertilizantes no período 2022-2030. Isto equivale a uma redução média de 0,78% ao ano. A fórmula pode ser computada como:

$$INT_{FERT} = \text{Min}\left(\frac{\left|\frac{\text{intensidade de uso ano}_t - \text{intensidade de uso ano}_{t-1}}{\text{intensidade de uso ano}_{t-1}}\right|}{0,78}, 1\right) \times 100$$

$$\text{se intensidade de uso ano}_t \leq \text{intensidade de uso ano}_{t-1}$$

$$INT_{FERT} = 0$$

$$\text{se intensidade de uso ano}_t > \text{intensidade de uso ano}_{t-1}$$

onde a intensidade de uso é medida como a quantidade total de fertilizantes entregues ao mercado dividido pela área plantada de soja, milho e cana de açúcar (maiores contribuintes em área plantada e consumo de fertilizantes)

Fonte: Os dados do mercado de fertilizantes estão disponíveis no site da Associação Nacional para a Difusão de Adubos/ANDA https://anda.org.br/pesquisa_setorial/.

Os dados da área plantada podem ser obtidos no site da Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>

Agropecuária – enfoque políticas públicas

Variável #10: Crédito para recuperação de pastos degradados (CRED_PASTDEG)

Esta variável tem por objetivo medir o esforço do governo em incentivar a recuperação de pastos degradados. Para a construção do benchmark da variável, definiu-se o custo para se atingir a meta do Plano ABC+ de recuperação de 30 Mha de pastagens degradadas entre 2021 e 2030. O atingimento da meta exigiria a recuperação anual média de 3,0 Mha.

O custo médio para recuperar um hectare de pastagem em estágio moderado de degradação variou entre R\$979,42 e R\$1.541,37. Por sua vez, o custo médio para

reformular um hectare de pastagem severamente degradada variou entre R\$1.563,31 e R\$2.100,71³. Todos os preços estão expressos em R\$ de maio de 2022 e podem ser atualizados pelo IPCA. Sugere-se que o custo final médio das pastagens degradadas no Brasil seja obtido a partir da ponderação por proporção das diferentes qualidades de pasto degradado. Em 2021, o Brasil tinha 101 milhões de hectares de pasto degradado, sendo 66Mha (65,3% do pasto degradado) em estágio de degradação intermediário e 35Mha (34,7% do pasto degradado). Tirando-se o custo médio da recuperação de pastagem em estágio moderado de degradação (R\$ 1.260,40/ha degradado recuperado) e o custo médio da recuperação de pastagem em estado severo de degradação (R\$ 1832,01/ha degradado recuperado), temos uma estimativa média de custo do custo médio do hectare degradado recuperado de $(0,653) \times 1260,40 + (0,347) \times 1832,01 = \text{R\$ } 1458,75/\text{ha degradado recuperado}$.

Desta forma, o custo médio anual para o atingimento da meta de recuperação de pastos degradados até 2030 seria de $1478,75 \times 3.000.000 = \text{R\$ } 4,44 \text{ bilhões/ano}$ (aproximadamente) em concessão de crédito para recuperação de pastos degradados.

A variável seria assim expressa pela fórmula

$$CRED_PASTDEG = \frac{\text{crédito associado à recuperação de pastagens}}{\text{R\$ } 4,44 \text{ bilhões}} \times 100$$

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro, do Banco Central. Link: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/creditorural>

Variável #11: Índice de Crédito ABC (IND_ABC)

Esta variável tem por objetivo mensurar o grau de alinhamento do crédito rural com metas ambientais. A variável é construída como o percentual do crédito rural total destinado ao Plano ABC. As linhas de crédito disponibilizadas com o Plano ABC estão diretamente vinculadas à promoção de redução de gases de efeito estufa e à adaptação do setor agrícola às mudanças climáticas. Portanto, o crédito a juros subsidiados do programa ABC está associado explicitamente à contrapartidas ambientais, o que não ocorre nas demais linhas de crédito agrícola.

A variável é calculada a partir da fórmula

$$IND_ABC = \frac{\text{Valor total de concessão de crédito Plano ABC}}{\text{Valor total de Operações de Crédito Rural}} \times 100$$

É importante reconhecer as limitações do índice de crédito ABC para a mensuração da efetividade deste mecanismo. Nem todos os recursos do Plano ABC são efetivamente direcionados ao financiamento de tecnologias de redução de emissões de gases de efeito estufa ou de adaptação às mudanças climáticas. Apesar do potencial desvirtuamento no uso dos recursos, no desenho da política de crédito rural brasileira,

³ Ver “Custos da Recuperação de Pastagens Degradadas nos Estados e Biomas Brasileiros”, Observatório de Bioeconomia, FGV EESP, 2022.

o Plano ABC está explicitamente associado à promoção da descarbonização da agropecuária. Considera-se portanto que a variável seja uma boa proxy para medir o grau de engajamento do governo com a agenda de descarbonização do setor.

Fonte: os dados para a elaboração do indicador estão disponíveis no Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro, do Banco Central. Link: <https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/creditorural>

2.3 Energia

As variáveis selecionadas para o componente energia do índice com enfoque em resultados estão alinhadas às metas de participação das energias renováveis na matriz energética brasileira propostas no Plano Decenal de Energia para 2030. Já as variáveis relacionadas ao índice com enfoque em políticas públicas estão relacionadas com a capacidade dos leilões de geração de energia em contratarem energia renovável.

Energia – enfoque resultados

Em relação à oferta interna de energia, segundo estimativas do Plano Decenal de Energia, a taxa de crescimento médio da oferta de energias renováveis anual entre 2021 e 2030 será de 2,8%. Também se destaca o aumento da participação da oferta de gás natural (14% da oferta de energia em 2030) e a redução da participação do petróleo e seus derivados na oferta interna total de energia, de 34% em 2021 para 31% em 2030.

Variável #12: Participação das energias renováveis na oferta interna de energia (PART_RENOV)

Esta variável tem por objetivo mensurar o grau de inserção das fontes renováveis na matriz energética brasileira.

O Brasil possui uma matriz com forte participação de energias renováveis. Em 2021, estas fontes representaram 49% da oferta interna de energia. Segundo estimativas do Plano Decenal de Energia, as energias renováveis devem exibir um crescimento médio anual de 2,8% até 2030, destacando-se o crescimento médio de 6,9% a.a. na oferta das outras renováveis (energia eólica, solar, biodiesel e lixívia).

Na construção da variável, adotou-se como benchmark um objetivo mais ambicioso que o proposto no Plano Decenal 2030: o aumento da participação das fontes renováveis para 50% da oferta interna de energia⁴. A variável mede a situação da oferta de fontes renováveis em relação a esta meta.

⁴ Apesar da previsão de crescimento médio anual de 2,8% na oferta de energia renovável até 2030, o Plano Decenal de Energia projeta uma redução na participação relativa em decorrência do forte crescimento da oferta de gás natural prevista no período. Desta forma, o Plano Nacional de Energia prevê uma queda de 49% na participação das energias renováveis na oferta interna registrada em 2021 para 48% em 2030.

$$PART_RENOV = \frac{1 - \min\{meta_{2030} - Participação_t, meta_{2030} - Participação_{2021}\}}{meta_{2030} - Participação_{2021}} \times 100$$

$$= \frac{1 - \min\{50 - Participação_t, 1\}}{50 - 49} \times 100$$

onde $meta_{2030}$ é a meta de 50% utilizada como referência para a variável, $Participação_t$ é a participação das energias renováveis na oferta interna de energia no ano t e $Participação_{2021}$ é a participação das energias renováveis em 2021.

Fonte: a variável relativa à participação das energias renováveis na oferta interna de energia pode ser atualizada a partir das edições anuais do Balanço Energético Nacional, publicado pela EPE. Link para publicação: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.

Variável #13: Intensidade de emissões do setor energético (INT_EMI)

Segundo estimativas do Plano Decenal de Energia, a intensidade de emissões na produção e consumo de energia tende a cair de 1.452 kgCO₂eq/tep para 1.313 kgCO₂eq/tep entre 2021 e 2030 (queda de 9,6% em relação a 2021).

A partir desta referência, a variável é construída como o redução alcançada em relação à meta de 1.452 - 1.313 = 139 kgCO₂eq/tep:

$$INT_EMI = \frac{1.452 - \min(Intensidade_t, 1.452)}{139} \times 100$$

onde $Intensidade_t$ mede a intensidade de emissões no ano t .

Fonte: A intensidade de emissões é divulgada anualmente nas edições do Balanço Energético Nacional. Link para publicação: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.

Energia – enfoque políticas públicas

Variável #14: Capacidade instalada de energias eólica e fotovoltaica (CAP_RENOV)

De acordo com dados do Balanço Energético Nacional, as energias eólica e solar representavam juntas, em 2021, 14% da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil⁵. Com as altas taxas de crescimento observadas nos anos recentes, espera-se um aumento substantivo desta participação. O benchmark definido no relatório “O Estado da Descarbonização no Brasil” propõe como meta o aumento da

⁵ Balanço Energético Nacional, Ano-Base 2021 (EPE, 2022).

participação para 23% em 2030. Esta meta é adotada na construção da nossa variável, que mede anualmente a distância da capacidade instalada observada em relação a este objetivo

$$CI_RENOV_t = \frac{9 - \min\{meta_{2030} - CI_t, meta_{2030} - CI_{2021}\}}{meta_{2030} - CI_{2021}} \times 100$$

$$= \frac{9 - \min\{23 - CI_t, 9\}}{23 - 14} \times 100$$

onde $meta_{2030}$ é a meta de 23% utilizada como referência para a variável, CI_t é a participação das energias eólica e solar na capacidade instalada de geração de energia elétrica no ano t e CI_{2021} é a participação das energias eólica e solar na capacidade instalada de geração de energia elétrica em 2021.

Fonte: a variável relativa à participação das energias renováveis na capacidade instalada pode ser atualizada a partir das edições anuais do Balanço Energético Nacional, publicado pela EPE. Link para publicação: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>.

Variável #15: Subsídios aos combustíveis fósseis (SUBSID_FOSS)

Esta variável tem por objetivo mensurar o compromisso do setor público com a adoção de incentivos econômicos que visem a transição em direção a uma matriz energética de baixa emissão de carbono.

Em 2021, o Brasil deixou de arrecadar 118,2 bilhões de reais com fomento aos combustíveis fósseis, sendo 79,1 bilhão de reais destinados ao consumo e 46,3 bilhões de reais para a produção. Além do impacto fiscal dessas ações, deve-se ter em mente o desincentivo gerado à adoção de fontes alternativas de energia.

A variável proposta tem por benchmark a redução da renúncia fiscal a zero. Sua fórmula de cálculo é dada por

$$SUBSI_FOSS = \text{Min} \left(\frac{1 \times 10^6}{\text{Valor anual fomento (em R\$ bilhões)}}, 1 \right)$$

Fonte: Os dados sobre renúncia fiscal relacionada ao setor fóssil são publicados anualmente pelo Instituto de Estudos Socioeconômicos (INESC, <https://www.inesc.org.br>).

3. Ponderação e resumo dos índices-piloto

O valor final dos índices-piloto será dado a partir de uma média ponderada das variáveis utilizadas na sua construção. A fórmula geral do índice pode ser expressa por

$$IDESC_i = \sum_{j=1}^n w_j x_j$$

onde IDESC é o valor final do índice, i corresponde ao tipo de indicador (i = resultados, políticas públicas) w_j é o peso atribuído à variável j e x_j é o valor da variável j .

O peso relativo a cada componente corresponde à participação relativa no total de emissões dos três setores. Segundo informações do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), as emissões decorrentes do desmatamento/mudança do uso do solo corresponderam a 1.188 MtCO₂eq, as emissões da agropecuária a 600,8 MtCO₂eq e as emissões do setor energia a 434,6 MtCO₂eq no ano de 2021. Os pesos relativos dos componentes dos índices-piloto ficam então estabelecidos como 53,5% para o desmatamento, 27% para a agropecuária e 19,5% para o componente energia.

A ponderação de cada variável dentro dos componentes foi realizada inicialmente de forma homogênea, atribuindo pesos iguais às diferentes variáveis dentro de um mesmo componente. A exceção foi para o componente agropecuária, onde os pesos seguiram a proporção da origem das emissões segundo a fonte (79,4% de emissões do componente atribuídas a atividades de criação de animais)⁶. Posteriormente serão realizados exercícios de análise de sensibilidade para que seja avaliado como os índices se modificam no caso de reponderação de seus componentes e/ou variáveis.

O quadro abaixo resume a estrutura final proposta para os índices-piloto de descarbonização da economia Brasileira.

⁶ Estimativa baseada no Infográfico do SEEG

(<https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Infograficos/PORT/2021/SEEG-infografico-Brasil-BR-2021-agropecuaria-rev.jpg>).

Quadro 1: Estrutura Final Proposta para o Índice-Piloto de Descarbonização da Economia Brasileira

Índice-piloto: resultados (6 variáveis)		Índice-piloto: políticas públicas (9 variáveis)	
Componente: desmatamento (peso: 53,5%)			
Variável	Sigla	Variável	Sigla
Redução do desmatamento total (53,5%)	RDT	Alertas de desmatamento com registro de fiscalização (10,7%)	AL_FISC
		Cadastros ambientais com análise concluída (10,7%)	CAR_CONC
		Criação de novas unidades de conservação (10,7%)	NEW_APS
		Efetividade das unidades de conservação federais (10,7%)	INDEFET_UC
		Execução orçamentária IBAMA – gestão ambiental (10,7%)	EXEC_ORC
Componente: Agropecuária (peso 27%)			
Variável	Sigla	Variável	Sigla
Emissões fermentação entérica (10,7%)	FERM_ENT	Crédito para recuperação de pastos degradados (21,3%)	CRED_PASTD EG
Pasto degradado (10,6%)	PAST_DEGR		
Intensidade de uso de fertilizantes (5,7%)	INT_FERT	Índice de Crédito ABC (5,7%)	IND_ABC
Componente: Energia (peso 19,5%)			

Participação das energias renováveis na oferta interna de energia (9,75%)	PART_RENO V	Capacidade instalada de energias eólica e fotovoltaica (9,75%)	CAP_RENOV
Intensidade de emissões do setor energético (9,75)	INT_EMI	Subsídio aos combustíveis fósseis (9,75%)	SUBSID_FOSS