



Nova Economia da
AMAZÔNIA

AMAZÔNIA

APÊNDICES



Sobre este documento

Este apêndice do relatório Nova Economia da Amazônia reúne material suplementar utilizado no estudo, mas não incluído no texto principal. O documento reflete a divisão dos capítulos e oferece dados primários, intermediários, descrições e discussões adicionais julgadas pertinentes ao entendimento do conteúdo analisado, bem como apresenta o suporte de premissas e resultados.

A Nova Economia da Amazônia (NEA-BR) é uma iniciativa liderada pelo WRI Brasil e The New Climate Economy e realizada em parceria com mais de 75 pesquisadores de várias regiões do país e organizações, entre elas UFPA, USP, UFRJ, UFMG, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam), Uma Concertação pela Amazônia, Center for Climate Crime Analysis (CCCA), e a Associação Contas Abertas. A pesquisa foi realizada com apoio financeiro do Instituto Clima e Sociedade (ICS), Ministério das Relações Exteriores da Dinamarca, Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza, Segurança Nuclear e Proteção do Consumidor da Alemanha (BMU), Instituto Arapyaú, Good Energies Foundation e Climate and Land Use Alliance (CLUA).

A iniciativa reconhece a urgência social, ambiental e climática de desenvolver a Amazônia Legal brasileira por meio do fortalecimento da economia local, da diversificação produtiva, com atividades inclusivas e livres de desmatamento.

Este apêndice não pode ser citado separadamente. Qualquer referência a seu conteúdo deve utilizar a citação do relatório principal, sugerida como Nobre, C.A. et al. (2023) Nova Economia da Amazonia São Paulo: WRI Brasil. Relatório. Disponível online em: www.wribrasil.org.br/nova-economia-da-amazonia <https://doi.org/10.46830/wrirpt.22.00034>



**Acesse o Relatório
Nova Economia
da Amazônia**

Índice

APÊNDICE 1	OS PRINCIPAIS SETORES DA ECONOMIA ATUAL	4
1.1	Análises a partir dos resultados das regionalizações e outros indicadores.....	4
1.2	Análises a partir da Matriz Inter-Regional de Insumo-Produto da Amazônia Legal.....	6
APÊNDICE 2	ECONOMIA DA AMAZÔNIA EM 2050: JANELA PARA O FUTURO	13
2.1	Glossário.....	13
2.2	Metodologia e resultados dos modelos utilizados	14
APÊNDICE 3	BIOECONOMIA	37
3.1	Matrizes de Insumo-Produto (MIPs-Contas Sociais Alfa) da bioeconomia na Amazônia Legal.....	37
3.2	Bioeconomia indígena na Amazônia Legal: um retrato a partir da escuta ativa de seus protagonistas.....	39
APÊNDICE 4	AGROPECUÁRIA	41
4.1	Os conceitos de agropecuária.....	41
4.2	Políticas públicas de apoio ao agronegócio no Brasil.....	42
APÊNDICE 5	MINERAÇÃO	44
5.1	A mineração na Amazônia Legal.....	44
5.2	O papel da mineração para a Nova Economia da Amazônia (NEA-BR).....	53
APÊNDICE 6	INFRAESTRUTURA	56
6.1	Energia eólica.....	56
6.2	Resíduos.....	58
6.3	Seleção e extração das áreas para implementação de sistemas fotovoltaicos de geração centralizada na Amazônia Legal.....	62
6.4	Recursos locais para microrredes.....	70
6.5	Soluções de transporte.....	79
APÊNDICE 7	CONSIDERAÇÕES SOBRE FINANCIAMENTO	88
7.1	Gastos públicos e a Nova Economia da Amazônia.....	88
	REFERÊNCIAS.....	94
	NOTAS DE FIM.....	100

Os principais setores da **ECONOMIA ATUAL**

1.1 Análises a partir dos resultados das regionalizações e outros indicadores

a) Regionalização da Amazônia Legal

As 109 microrregiões que compõem a Amazônia Legal (AML) atualmente foram classificadas segundo a trajetória tecnológica de uso e ocupação das terras. Trajetórias tecnológicas são definidas pela combinação de estrutura agrária, tipologia (familiar e não familiar), intensidade no uso de fatores de produção (capital, terra e trabalho), categorias e diversidade de produtos, tipos de rendas obtidas pelos produtores (rendas da produção e outras rendas), segundo a persistência desses indicadores entre os censos agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (IBGE, 2017). Detalhes do método podem ser encontrados em Costa (2016; 2021).

Os seis principais aglomerados urbanos da AML (Belém, Manaus, Rio Branco, Porto Velho, São Luís e Cuiabá) foram destacados de suas respectivas microrregiões, reconhecendo que tais aglomerados se constituem regiões próprias e distinguíveis por suas características metropolitanas que não são

representadas pela classificação das trajetórias tecnológicas (Simmons, Perz e Pedkloski, 2002; Santos, 2022; Guedes, Costa e Brondízio, 2009). Considerou-se que os aglomerados urbanos são constituídos pela conurbação.

O mosaico resultou em 115 regiões, então agrupadas pelo modelo *Two Step Cluster* para variáveis não hierárquicas (Kent, Jensen e Kongsted, 2014), considerando as sete trajetórias, as seis aglomerações e os dois biomas dominantes (Amazônia e Cerrado). Microrregiões ilhadas ou fronteiriças foram absorvidas pelo *cluster* de entorno dominante, determinado pela ferramenta do ArcGIS *nearest-neighbor chain*, tendo como pontos de contato os perímetros das regiões em questão. A regionalização final resultou em 27 regiões, usadas para todas as análises da NEA.

b) Evolução da desigualdade fundiária pelo Índice de Gini fundiário

Tomando-se os dados dos censos agropecuários de 1985, 1996, 2006 e 2017, foram geradas 299 Áreas Mínimas Comparáveis (AMC) a partir das malhas municipais de 1980, 1991, 2005 e 2017 e, então, agregadas nas 27 regiões anteriormente estabelecidas. O mesmo foi feito para o restante do Brasil. Considerou-se que cada AMC seria integralmente incorporada àquela região com a

qual mantivesse a maior intersecção territorial. Essa agregação gerou omissão (perda de área da região por exclusão completa de AMC) de 9,1% e comissão (aumento da área da região por incorporação completa de AMC) de 10,0% (IBGE, 2010; 2017).

Tendo as regiões como unidade de observação, calculou-se o coeficiente de Gini, partindo-se de dez classes de grupos de área total de estabelecimentos rurais diretamente comparáveis entre os censos (até 1 ha, até 5 ha, até 10 ha, até 20 ha, até 50 ha, até 100ha, até 200ha, até 500 ha, até 1.000 ha e mais de 1.000 ha). O coeficiente de Gini foi calculado considerando o número de estabelecimentos e a área dos estabelecimentos por grupo de área total e comparado entre as 27 regiões da AML e os demais estados do país.

c) Probabilidade de desmatamento em áreas protegidas (Terras Indígenas e Unidades de Conservação)

Para produção dessa informação, a primeira etapa consistiu em delimitar as áreas protegidas no Brasil (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), de modo a obter seus respectivos anos de criação, quando disponíveis. Com as bases espaciais atualizadas, obtidas nos portais públicos do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e da Fundação Nacional do Índio (Funai), foram sistematizados os anos de referência de cada área.

No caso das Unidades de Conservação, foram considerados todos os polígonos que já contavam com o ano de referência. No caso das Terras Indígenas, foram considerados os polígonos com datas de declaração, homologação ou regularização, nessa ordem, de modo que prevalece a data de referência mais antiga entre as três. Essas três etapas levaram em conta o processo e as fases de homologação de Terras Indígenas (TIs), uma vez que indicam momentos em que já há maior segurança jurídica sobre a área. As TIs que estão nesses estágios, mas não possuem anos de referência, tiveram informações complementadas por meio do portal Terras Indígenas no Brasil, organizado pelo Instituto Socioambiental (ISA). Após a preparação e sistematização dos anos de referência, as bases com polígonos de Terras Indígenas e Unidades

de Conservação (UCs) foram unidas. As áreas sem ano de referência não foram consideradas na análise.

Com a camada de polígonos de áreas protegidas devidamente preparada, as duas etapas seguintes foram conduzidas no ambiente *Google Earth Engine*, de modo a facilitar o acesso à base de desmatamento anual e otimizar o tempo de processamento das informações.

A principal fonte de informações de supressão de vegetação primária e secundária anuais, em todo o território nacional, foi a Coleção 6 do projeto Mapbiomas (2021). O projeto realiza classificações de mapas de uso e cobertura da terra para cada ano (entre 1985 e 2020) a partir dos mosaicos de imagens do satélite Landsat. Os mapas são atualizados constantemente, conforme aperfeiçoamento dos algoritmos de classificação. A partir desses mapas anuais, o projeto também disponibiliza outros mapas derivados. Nas análises aqui descritas, foram utilizados os de desmatamento e regeneração. Pela análise da trajetória de cada pixel ao longo do tempo, são obtidas seis grandes classes, como mostrado na Tabela A1.



Foto: Leandro Reichert/Shutterstock.

Tabela A1 | Descrição das classes de uso da terra utilizadas para os cálculos de desmatamento

Classe	Descrição	Valor
Vegetação primária	Indica ausência de evento de desmatamento: permanência desde o ano-base em uma ou mais classes de vegetação nativa ou transição para classe de uso antrópico com permanência nesta classe por período inferior ao estabelecido.	2
Supressão de vegetação primária	Indica evento de desmatamento, em um dado ano t , em pixel alocado anteriormente na classe vegetação primária, após o qual o pixel é alocado na classe antrópico (em $t+1$).	4
Recuperação para vegetação secundária	Indica evento de regeneração, em um dado ano t , tendo $t-1$ sido classificado como uso antrópico.	5
Vegetação secundária	Indica persistência do processo de regeneração, ou seja, ano t é classificado como vegetação secundária tendo a mesma classificação no ano $t-1$.	3
Supressão de vegetação secundária	Indica evento de desmatamento, em um dado ano t , em pixel alocado anteriormente na classe vegetação secundária, após o qual o pixel é alocado na classe antrópico (em $t+1$).	6
Antrópico	Indica permanência em alguma classe de uso antrópico desde o ano-base ou trajetórias com evento de supressão de vegetação primária ou evento de vegetação secundária em anos anteriores.	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dessas classes, para cada ano entre 1987 e 2019 (início e fim da série dos mapas de desmatamento/regeneração) são observados, sobretudo, os pixels com valores 4 e 6 (supressão de vegetação primária e secundária), além da presença ou ausência de áreas protegidas (UCs e TIs) no ano observado e o município de localização desses pixels. Com base nessas três informações principais são conduzidas as análises de área e probabilidade de desmatamento dentro e fora de áreas protegidas ao longo do tempo.

Para o cálculo de área, são filtrados apenas os pixels de supressão de vegetação e, a partir deles, para cada município brasileiro (IBGE, 2021a), são contabilizados os hectares dentro e fora de Unidades de Conservação e Terras Indígenas existentes no ano correspondente. Já sobre a probabilidade, para cada ano observado, foram distribuídos aleatoriamente 30 mil pontos em todo o território nacional e, com base na localização desses pontos, foram coletadas informações dos pixels das camadas de: a) desmatamento/regeneração, b) presença ou ausência de área protegida no ano observado e c) o município de localização. Ao fim do processo, foi estimada a frequência relativa de cada um dos eventos (ser desmatamento e estar dentro de UC e TI).

1.2 Análises a partir da Matriz Inter-Regional de Insumo-Produto da Amazônia Legal (MIIP-AML)

a) Metodologia

Para avaliar a importância socioeconômica e ambiental da AML, foi desenvolvida uma Matriz Inter-regional de Insumo-Produto para a região (MIIP-AML) para o ano de 2015. As estruturas do tipo MIIP têm o potencial de registrar dados de transações econômicas setoriais intra e inter-regiões. Assim, por meio dessa abordagem é possível ter uma visão única de como uma economia funciona. Neste caso, é possível ver os caminhos de compra e venda de bens da AML dentro da região (intra-regional) e para o restante do Brasil. Essa versão da MIIP-AML identifica 67 setores (que produzem 129 tipos diferentes de bens) localizados em 31 regiões, das quais 27 pertencentes à AML.

A partir do modelo básico de Leontief é possível determinar os setores com maior poder de encadeamento produtivo dentro da economia.

Esse modelo permite calcular tanto os índices de ligações para trás – o quanto um setor demanda de outros – quanto os de ligações para frente – a quantidade de produtos demandados de outros setores pelo setor em questão.

A estrutura de insumo–produto ainda permite fazer análises de decomposição de variáveis econômicas e ambientais por origem de demanda final.

Quadro A1 | Índices de ligação e setores-chave: aspectos metodológicos

Considere b_{ij} os elementos da matriz inversa de Leontief B ; B^* representa a média de todos os elementos de B ; $B_{.j}$ representa a soma de uma coluna de B e $B_{i.}$ a soma de uma linha de B .

Dessa forma, os índices de ligações para trás são definidos como $U_j = \left[\frac{B_{.j}}{n} \right] / B^*$.

De maneira similar, tem-se os índices de ligações para frente como $U_i = \left[\frac{B_{i.}}{n} \right] / B^*$.

Os setores podem ser classificados em quatro categorias. No primeiro quadrante, estão os setores considerados

chave, em que os índices de ligações para trás e para frente são superiores a 1 ($U_j \geq 1$ e $U_i \geq 1$). Esses setores demandam e são demandados acima da média. No segundo quadrante, estão os setores com valores de índices de ligações para trás acima de 1 ($U_j \geq 1$ e $U_i < 1$). Esses setores somente demandam acima da média. No terceiro quadrante, estão os setores que independem dos demais. Nesse caso, os índices de ligações para trás e para frente são menores que 1 ($U_j < 1$ e $U_i < 1$). No quarto quadrante, estão os setores com índices de ligações para frente acima de 1 ($U_j < 1$ e $U_i \geq 1$). Esses setores são demandados acima da média. Para mais detalhes ver Miller e Blair (2009).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro A2 | Decomposição da produção de acordo com a origem da demanda final: aspectos metodológicos

Dada a estrutura do sistema inter-regional de insumo–produto:

$$x^1 = B^{11}y^1 + \dots + B^{1L}y^L$$

⋮

$$x^L = B^{L1}y^1 + \dots + B^{LL}y^L$$

Considerando que a demanda final Y inclui demandas domésticas v e do exterior e , pode-se reescrever como:

$$x^1 = B^{11}(v^1 + \dots + v^{L1} + e^1) + \dots + B^{1L}(v^{1L} + \dots + v^{LL} + e^L)$$

⋮

$$x^L = B^{L1}(v^1 + \dots + v^{L1} + e^1) + \dots + B^{LL}(v^{L1} + \dots + v^{LL} + e^L)$$

Dessa forma, pode-se calcular a proporção da produção de cada região L que está vinculada à demanda de cada região L . Para mais detalhes ver Miller e Blair (2009).

Fonte: Elaborado pelos autores.

As cadeias de valor são mapeadas em relação à sua importância em produção, emprego e indicadores ambientais. O tamanho da cadeia de produção para cada atividade é mensurado pela técnica da extração hipotética na modelagem de insumo-produto.

Essa abordagem permite rastrear todas as etapas de produção relacionadas às cadeias de suprimentos e seus resultados são interpretados nos impactos diretos e indiretos ao longo de toda a cadeia de valor.

Quadro A3 | Método de extração hipotética

O método consiste na extração hipotética dos fluxos de comércio de determinada região ou setor na estrutura de insumo-produto (Dietzenbacher et al., 1993). Devido a essa extração, parte da demanda intermediária (ou outro componente da matriz, tais como investimento, exportação, entre outros) por bens e serviços cessará e o novo modelo fornecerá (onde o setor foi extraído) resultados menores do que os originais (modelo com todos os setores e regiões). Esta técnica permite analisar a importância de um setor ou uma região em uma estrutura econômica dada a sua extração e consequente redução do nível de atividade na economia. Cabe ressaltar que, quanto maior o nível de interdependência deste setor em relação aos demais, maior será o impacto, de forma sistêmica na economia.

O objetivo do método é quantificar quanto a produção total de uma economia com n setores poderia mudar (ou reduzir) se um setor em particular, digamos o j -ésimo, fosse removido dessa economia. A extração é modelada em uma matriz de insumo-produto substituindo por zero a linha e coluna da matriz A do respectivo setor ou região que será extraído do modelo, dando origem à matriz $\bar{A}_{(j)}$. O mesmo procedimento é realizado para o vetor de demanda final, gerando um novo vetor $\bar{f}_{(j)}$ para a demanda final reduzida (ou seja, sem o setor j). A produção na economia reduzida (ou seja, sem o setor j) será dada por $\bar{x}_{(j)} = (I - \bar{A}_{(j)})^{-1} \bar{f}_{(j)}$.

No modelo completo, com a produção e o consumo de todos os n setores, a demanda total da economia é dada por: $x = (I - A)^{-1} f$.

Portanto, após realizar a extração, o impacto sobre a economia é mensurado por $T_j = i'x - i'\bar{x}_{(j)}$

onde i é um vetor somatório e T_j é a medida agregada de perda na economia – diminuição da produção total se o setor j "desaparecer". Em outras palavras, é uma medida da importância relativa do setor j ou dos leakage totais desse setor.

A análise de impacto mensura a perda de produção na qual no primeiro termo do lado direito da equação, $T_j - i'x$, não esteja incluído na produção original de x_j . Se x_j for omitido, tem-se que $(i'x - x_j) - i'\bar{x}$ seria uma medida da importância do setor j para os demais setores da economia. Em ambos os casos, a normalização por meio da divisão dos resultados pela produção total, $i'x$, e a multiplicação por 100 produz uma estimativa de diminuição percentual na atividade econômica total da ordem de: $\bar{T}_j = 100 [(i'x - i'\bar{x}_{(j)}) / i'x]$.

Para mais detalhes, ver Miller e Blair (2009).

Extração hipotética por produto

Para mensurar a importância da cadeia de valor dos produtos agroalimentares e minerais da AML, é feito um cálculo adicional à técnica de extração hipotética, geralmente empregada em uma matriz de usos a preços básicos na dimensão setor por setor. Visto que o interesse da pesquisa é mensurar o tamanho das cadeias de produção ao nível de commodity, a matriz de produção é utilizada para calcular os pesos das commodities na produção setorial, isto é, a importância da commodity extraída em cada setor. Em seguida, esses pesos são usados para extrair parcialmente os fluxos de comércio de vendas e compras dos setores na matriz de usos (setor x setor). A extração hipotética é feita individualmente para cada commodity. Esses setores são demandados acima da média. Para mais detalhes ver Miller e Blair (2009).

Fonte: Elaborado pelos autores.

b) Segmentação do setor de silvicultura e extrativismo vegetal

Nas matrizes insumo–produto oficialmente divulgadas pelo IBGE, silvicultura e extrativismo vegetal são tratados como componentes de um único e indistinguível aglomerado sob a nomenclatura *02801–Produtos da exploração florestal e da silvicultura*. Tal agregação gera fluxos econômicos que misturam produtos oriundos de florestas plantadas com aqueles advindos da derrubada da floresta nativa e aqueles cuja origem vem da coleta de frutos, sementes, resinas ou borracha nativa.

Reconhecendo a relevância da desagregação desses produtos para avaliação mais acurada da economia da AML, na MIIP proposta, os fluxos econômicos foram segmentados em bens distinguíveis em três grandes grupos: Silvicultura, Extrativismo Exaustivo e Extrativismo Não Exaustivo, conforme descritos.

- *02801–1 Silvicultura*: todos os produtos originados da exploração de florestas plantadas com essências exóticas (IBGE, 2021b), como madeira em tora para celulose e para outros fins, lenha, carvão vegetal e resinas, tomados como insumos para os setores de papel e celulose, produtos da madeira, fabricação de móveis, construção, fabricação de ferro gusa e produtos farmacêuticos, alocados segundo ponderação do VBP e especificação do produto e setor.

- *02801–2 Extrativismo Exaustivo*: todos os produtos oriundos do extrativismo de espécies nativas, como madeira em tora, lenha, carvão vegetal,

tanino, ceras, cascas e palmito, que impliquem a derrubada da planta (IBGE, 2021b), tomados como insumos para os setores de produtos da madeira, fabricação de móveis, construção, fabricação de ferro gusa, produção de não metálicos, de alimentos e farmoquímicos, alocados segundo ponderação do VBP e especificação do produto e setor.

- *02801–3 Extrativismo Não–Exaustivo*: produtos da floresta em pé, todos os produtos oriundos do extrativismo de espécies nativas, como frutos, folhas, palha, fibra, sementes, óleos, gomas, resinas e látex que não implicam a derrubada da planta (IBGE, 2021b), tomados como insumos para os setores de produtos alimentícios, bebidas, cosméticos, farmoquímicos, borracha e móveis, alocados segundo ponderação do VBP e especificação do produto e setor. Esses produtos não se confundem com iguais, semelhantes ou similares oriundos do cultivo permanente, como açaí cultivado que, no caso da MIIP, é incorporado aos produtos da agricultura. Ver Tabela A2 para detalhes.

Todos os produtos dos três segmentos foram ordenados segundo as nomenclaturas da Matriz Nacional de Insumo–Produto, do Sistema Harmonizado de Designação e de Codificação de Mercadorias (SH4), da Classificação Internacional das Atividades Econômicas (ISIC, na sigla em inglês) e da Classificação por Fator Agregado (FAT).

Já os principais resultados de transações comerciais, emissões e desmatamentos incorporados ao comércio são apresentados nas tabelas de A3 a A6.



Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

Tabela A2 | Segmentação dos produtos da exploração florestal e da silvicultura proposta para a MIIP-AML

Produtos (mip, lbgje)	Produtos (mip, aml)	Grupo	Especificação do produto	Setores prevalentes de consumo intermediário e final (mip)	Indústrias prevalentes (isic)	Classificação do produto por fator agregado (fat)						
						Basico	Indústrias prevalentes (isic)	Manufaturado				
Produtos da Exploração Florestal e da Silvicultura	Extrativismo Não Exaustivo - Floresta em Pé	A	Imbú ou umbú (fruto)	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Produtos Alimentares, Fabricação de Bebidas, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias	Produção Vegetal, Fabricação de Produtos Alimentícios, Fabricação de Bebidas	Produtos vegetais não especificados	Frutas conservadas, Sucos e extratos	Preparações Alimentícias e derivados				
			Açaí (fruto)									
			Araticum (fruto)									
			Bacaba (fruto)									
			Bacuri (fruto)									
			Baru (amêndoa)									
			Buriti (coco)									
			Cagaita (fruto)									
			Cajarana (fruto)									
			Camu-camu (fruto)									
			Cumarú (semente)									
			Cupuaçu (fruto)									
			Jambu (folha)									
			Juçara (fruto)									
			Mangaba (fruto)									
		Murici (fruto)										
		Murumuru (semente)										
		Pequi (amêndoa)										
		Pequi (fruto)										
		Pupunha (coco)										
		Castanha do Brasil										
		Cacau (amêndoa)										
		Castanhas										
		Cacau em bruto ou torrado										
		Cacau em pó, manteiga, gordura, óleo ou pasta										
		Óleo babaçu e frações										
		Chocolate e outras preparações de cacau										
		B	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Fabricação de Químicos Orgânicos, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias	Fabricação de Produtos Químicos	Fabricação de Produtos Químicos	Outras gorduras e óleos vegetais e respectivas frações	Gorduras e Óleos Vegetais					
								Babaçu (amêndoa)				
								Babaçu (coco)				
								Macaúba (fruto)				
								Licuri (coquilho)				
								Oiticica (semente)				
Copaíba (óleo)												
Tucumã (coquilho)												
C	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Fabricação de Cosméticos, Fabricação de Produtos Farmoquímicos, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias							Fabricação de Produtos Farmacêuticos	Produtos vegetais não especificados	Outras sementes, frutos oleaginosos	Outros não especificados	
												Andiroba (semente)
												Jaborandi (folha)
Ucuuba (amêndoa)												
D	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Fabricação de Químicos Orgânicos, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias							Fabricação de Borracha e Plásticos	Borracha natural, balata, e gomas naturais análogas	Borracha e suas obras	Borracha misturada, endurecida e regenerada, e derivados	
												Borracha (látex líquido)
												Borracha (látex coagulado)
		Caucho (goma elástica)										
		Maçaranduba (goma não elástica)										
Maniçoba (goma elástica)												
Sorva (goma não elástica)												
E	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Fabricação de Produtos Têxteis, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias	Fabricação de Artigos de Palha e de Cestaria	Matérias vegetais utilizadas em cestaria ou espartaria	sem especificação	Fios de fibras têxteis							
						Buriti (palha)						
Butiá (fibra)												
Extrativismo Exaustivo - Desmatamento	F	Idem Grupo A	Idem Grupo A	Frutas e outras partes comestíveis de plantas	Palmitos preparados ou conservados							
						Palmito						
	G	Idem Grupo B	Idem Grupo B	Produtos vegetais não especificados	Extratos tanantes	Extratos tanantes						
							Casca de angico (casca)					
							Casca de barbatimão (casca)					
							Licuri (cera)					
Carnaúba (cera)												
Carnaúba (pó)												
H	Idem Grupo E	Idem Grupo E	Matérias vegetais utilizadas em cestaria ou espartaria	sem especificação	Fios de fibras têxteis							
						Piaçava (fibra)						
I	Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Abate de Bovinos, Produtos da Madeira, Fabricação de Minerais, Minerais Não Metálicos, Ferro Gusa, Construção, Comércio por Atacado e Varejo, Exportação, Consumo das Famílias	Fabricação de Madeira e Produtos de Madeira	Madeira, carvão vegetal e obras de madeira	sem especificação	Obras de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis							
						Carvão vegetal						
						Lenha						
Madeira em tora												
Silvicultura	Idem Grupo I + Produção de Móveis	Idem Grupo C	Idem Grupo C	Produtos vegetais não especificados	Extratos tanantes, tinturas e essências							
						Acácia-negra (casca)						
						Eucalipto (folha)						
	Idem Grupo I	Idem Grupo I	Idem Grupo I	Idem Grupo I	sem especificação	Gomas, resina						
							Resina					
							Carvão vegetal					
Idem Grupo I	Idem Grupo I	Idem Grupo I	Idem Grupo I	Obras de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis	Fabricação de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis							
						Lenha						
Idem Grupo J	Idem Grupo J	Idem Grupo J	Idem Grupo J	Obras de madeira exceto móveis e utensílios	Moveis, carpintaria, utensílios de madeira							
						Madeira exceto para celulose						
Madeira para papel e celulose												
Idem Grupo I + Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Idem Grupo I + Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	Fabricação de Papel e Produtos de Papel	Madeira em tora para papel e celulose	Pastas de madeira ou de outras matérias fibrosas celulósicas	Obras de papel e papelão							
						Madeira em tora para papel e celulose						

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A3 | Fluxos de Valor Adicionado, oferta e demanda a preços básicos, emissões e desmatamentos em 2015, segundo a MIIP-AML para toda a economia

Valor Adicionado (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	316,6774	186,8919	78,7449
BRA	275,0098	5183,8852	674,8755

Oferta e demanda a preços básicos (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	653,2142067	354,810623	114,3989467
BRA	469,031597	10832,84456	874,6293548

Desmatamentos (ha)			
	AML	BRA	EXP
AML	259213,9338	919405,8412	361836,5029
BRA	41467,70983	580141,1165	185500,1969

Emissões (MtCO ₂)			
	AML	BRA	EXP
AML	151,7547827	525,8436877	262,5330033
BRA	66,6605361	978,7522787	275,0129671

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A4 | Fluxos de Valor Adicionado, oferta e demanda a preços básicos, emissões e desmatamentos em 2015, para a cadeia do complexo grãos-algodão

Valor Adicionado (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	2,293207431	7,87214071	13,53465186
BRA	7,349251221	100,1676973	79,01641321

Oferta e demanda a preços básicos (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	5,768686502	16,91465405	50,92777858
BRA	6,206250049	97,42033614	94,54872269

Desmatamentos (ha)			
	AML	BRA	EXP
AML	8355,539638	28682,96293	49314,91088
BRA	3810,932269	51941,66023	40973,72505

Emissões (MtCO ₂)			
	AML	BRA	EXP
AML	5,628076232	19,32010486	33,21725344
BRA	4,012601568	54,69034151	43,14199827

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A5 | Fluxos de Valor Adicionado, oferta e demanda a preços básicos, emissões e desmatamentos em 2015, para a cadeia da pecuária

Valor Adicionado (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	4,925394634	16,41352658	6,261078789
BRA	6,1771157	87,91532358	24,56537671

Oferta e demanda a preços básicos (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	17,55719225	42,3438893	10,84047557
BRA	11,68808069	206,6010168	22,17302455

Desmatamentos (ha)			
	AML	BRA	EXP
AML	249470,00	885926,85	301713,53
BRA	35703,62	499878,59	127410,96

Emissões (MtCO ₂)			
	AML	BRA	EXP
AML	135,93364	482,7324318	164,4005996
BRA	19,11882479	267,6785193	68,22692253

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A6 | Fluxos de Valor Adicionado, oferta e demanda a preços básicos, emissões e desmatamentos em 2015 para a cadeia da mineração

Valor Adicionado (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	0,770969788	2,583833872	11,04519634
BRA	5,558787021	61,82107134	57,12702396

Oferta e demanda a preços básicos (bilhões R\$ 2020)			
	AML	BRA	EXP
AML	2,958878662	6,479460849	22,31602417
BRA	1,54862775	33,39763696	48,01007534

Desmatamentos (ha)			
	AML	BRA	EXP
AML	76,26528484	293,1819586	3152,640823
BRA	0,778960268	7,522817586	40,13137014

Emissões (MtCO ₂)			
	AML	BRA	EXP
AML	0,022602131	0,078926024	0,572745848
BRA	0,144153054	1,399358025	3,468537455

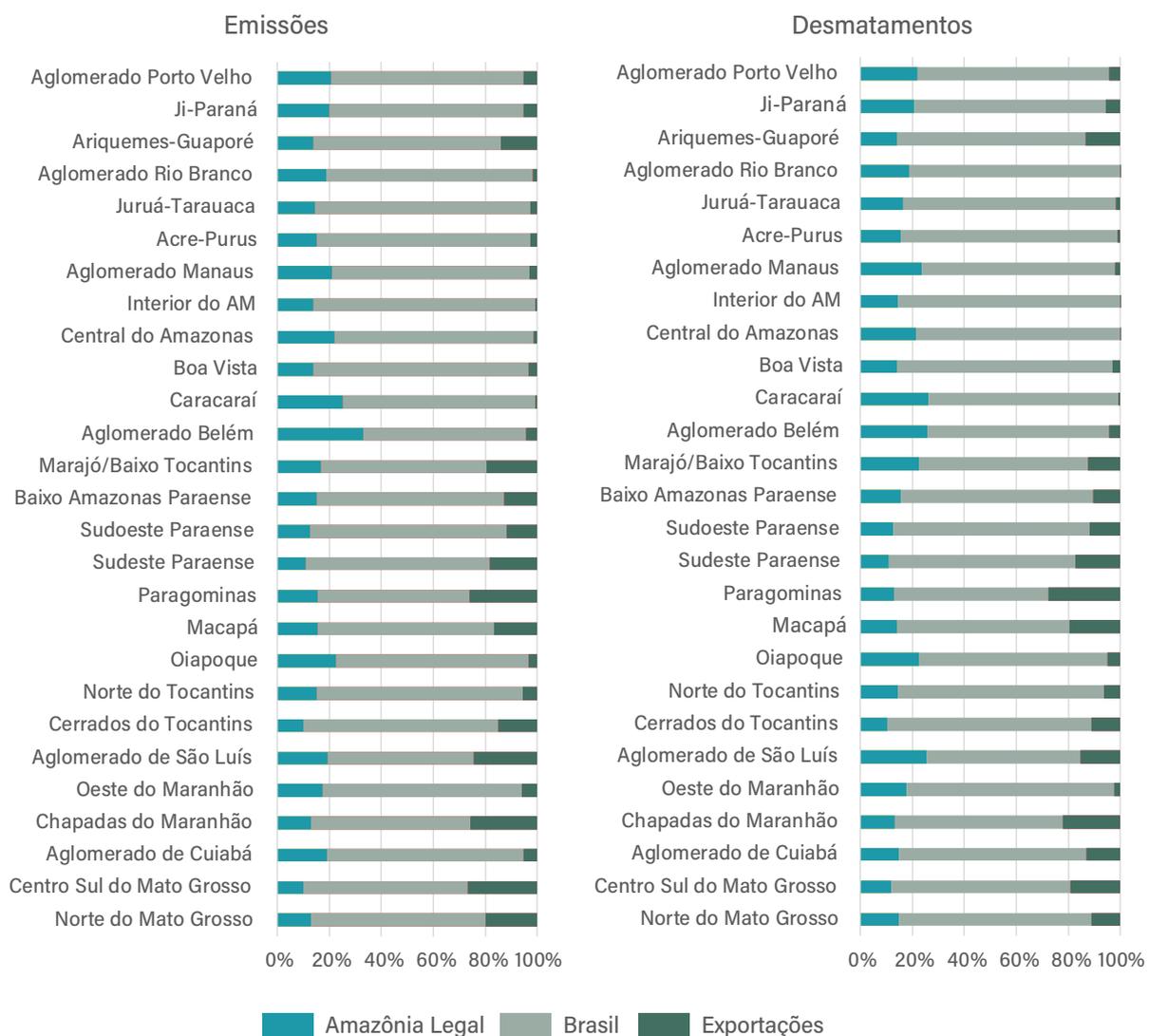
Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A estrutura de insumo–produto permite fazer análises de decomposição de variáveis econômicas e ambientais por origem de demanda final. Esse tipo de análise é particularmente interessante porque mostra a origem e o destino de riqueza e os compara com a geração de emissões e desmatamentos. Equações matriciais entre a MIIP-AML e informações vetorizadas no nível da região ou de setor econômico, relativas a desmatamentos (Mapbiomas, 2021), emissões setoriais e regionais (MCTI, 2022) ou serviços ecossistêmicos (Strand et al., 2018), permitem estimar os efeitos diretos, indiretos e induzidos das atividades econômicas sobre esses fenômenos, além de detectar como se embutem nos fluxos de comércio inter-regional.

Apesar do comércio com o restante do Brasil gerar pouco valor adicionado nas regiões da AML, esse comércio é concentrado nos produtos intensivos em recursos naturais, mostrando que as emissões de CO₂ e desmatamentos associados à produção na AML visam atender principalmente ao consumo no restante do Brasil e exportações internacionais. As regiões da AML são deficitárias em transações de VA e superavitárias em desmatamentos e emissões, evidenciando uma relação comercial altamente intensiva em desmatamentos e emissões puxada pela demanda de fora da região. O Gráfico A1 ilustra as emissões e os desmatamentos associados ao comércio inter-regional e internacional por região de origem e destino.

Gráfico A1 | Emissões e desmatamentos incorporados ao comércio inter-regional e internacional por destino da produção (% dos totais da respectiva região)



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Economia da Amazônia em 2050: JANELA PARA O FUTURO

2.1 Glossário

Tabela A7 | Glossário

<i>Carbon Capture and Storage (CCS)</i>	Processo de captura e armazenamento de dióxido de carbono (CO ₂), que impede sua liberação na atmosfera. Pode ser utilizado em usinas termelétricas para geração de eletricidade, por exemplo, visando a redução das emissões. Além da captura, deve-se considerar o transporte e o armazenamento ou o uso do gás capturado.
<i>BioEnergy with Carbon Capture and Storage (BECCS)</i>	Bioenergia associada a sistemas de captura, transporte e estocagem de carbono. A diferença entre CCS e BECCS está na fonte utilizada na combustão. No caso de BECCS, as fontes são renováveis, como biomassas diversas (resíduos, pinus, eucalipto, bagaço de cana-de-açúcar). O dióxido de carbono (CO ₂) absorvido no ciclo de crescimento da biomassa é capturado no processo de conversão dessa biomassa em bioenergia, impedindo que o CO ₂ absorvido pela planta volte para a atmosfera. Assim, ao incorporar a etapa de captura, considera-se que o sistema é capaz de "remover o CO ₂ da atmosfera" ou prover emissões líquidas negativas, uma vez que o CO ₂ absorvido é capturado. Exemplos de BECCS incluem a captura do carbono emitido durante a etapa de fermentação da cana-de-açúcar na produção de etanol, durante a combustão da biomassa para geração de eletricidade, durante a produção de biocombustíveis avançados, entre outros. No entanto, esta é ainda uma tecnologia em desenvolvimento, com poucos projetos em operação ao redor do mundo.
Etanol 1ª Geração	O etanol é produzido através da fermentação de açúcares (glicose, principalmente) usando cepas de leveduras. As principais matérias-primas do etanol de primeira geração são a cana-de-açúcar e o milho.
Etanol 2ª Geração	O etanol de segunda geração, diferentemente do etanol de primeira geração, é produzido a partir de açúcares extraídos da celulose da biomassa, como na palha e no bagaço da cana-de-açúcar.
Etanol BECCS	Durante a fermentação do etanol, os açúcares das matérias-primas convencionais para biocombustíveis são fermentados em etanol e CO ₂ . Dois terços do carbono contido nos açúcares acabam no etanol; o terço restante forma CO ₂ quase puro. A corrente de CO ₂ pode, então, ser isolada por meio de uma separação gás-líquido, enquanto a mistura de etanol/água é normalmente separada por destilação.
Bioquerosene (<i>Hydroprocessed Esters and Fatty Acids - HEFA</i>)	Os bio-óleos podem ser convertidos em combustíveis biojet por meio de três vias: (1) hidroprocessamento, conhecido como jato renovável hidrotratado (HRJ) ou ésteres e ácidos graxos hidrotratados (HEFA), (2) hidrotermólise catalítica e (3) pirólise rápida, conhecida como jato celulósico despolimerizado hidrotratado (HDCJ). Os processos HEFA usam matérias-primas baseadas em triglicerídeos, mas os ácidos graxos livres (FFAs) são produzidos de forma diferente na clivagem de glicerídeos por propano e por hidrólise térmica, respectivamente. O bio-óleo usado na via HDCJ é obtido por pirólise da matéria-prima de biomassa. Até agora, apenas a via HEFA foi aprovada para mistura e tem uma especificação definida pela American Society for Testing and Materials (ASTM).
Bioquerosene (<i>Biomass-to-Liquids - BTL</i>)	A rota da biomassa para líquido que compreende tecnologias bioquímicas e termoquímicas é considerada uma das principais alternativas verdes para a produção de produtos químicos de base biológica, combustíveis e energia. Dentre esses produtos, um dos combustíveis líquidos que vem recebendo muita atenção é o substituto do combustível convencional para aviação, denominado combustível renovável para aviação ou simplesmente biojet.
Diesel Biocombustível (BTL)	O termo biomassa para líquido é aplicado a combustíveis sintéticos feitos de biomassa por meio de uma rota termoquímica. O objetivo é produzir componentes de combustível semelhantes aos da atual gasolina de origem fóssil e de combustíveis diesel e, portanto, podem ser usados em sistemas de distribuição de combustível existentes e em motores padrão.

Tabela A7 | Glossário

Diesel Biocombustível (BTL) CCS	As usinas de combustível FuelTech (FT) oferecem uma oportunidade única para captura e armazenamento de carbono (CCS). O gás de síntese é removido do CO ₂ durante a sua limpeza para aumentar a pressão parcial dos reagentes na seção FT. O fluxo resultante de CO ₂ quase puro do processo da unidade Selexol é facilmente capturado para o armazenamento de carbono, se desejado.
Biodiesel	Forma de combustível diesel derivado de plantas ou animais, que consiste em ésteres de ácidos graxos de cadeia longa. Normalmente é produzido pela reação química com lipídios, como gordura animal (sebo), óleo de soja ou outro óleo vegetal com um álcool, produzindo um éster metílico, etílico ou propílico.
Veículo Elétrico	Veículo que tem motor elétrico como principal componente para sua movimentação. Nesse caso, são veículos puramente elétricos a bateria, que fazem uso da rede elétrica para o seu carregamento. Assim, não emitem poluentes a partir de um sistema de escape.
Veículo Híbrido	Veículos compostos por um motor a combustão interna e outro elétrico. Esses motores podem ser utilizados em série, com o motor a combustão gerando eletricidade para o elétrico, ou em paralelo, usados em conjunto quando necessário ou em baixas rotações, como em engarrafamentos.
Veículo Híbrido <i>plug-in</i>	Automóveis híbridos elétricos que podem também extrair e armazenar energia a partir de uma rede elétrica para fornecer energia à propulsão do veículo.
Energia Solar Fotovoltaica (FV)	A partir do efeito fotovoltaico, a energia solar é convertida em eletricidade. Suas estruturas podem ter base fixa ou eixos móveis que permitem maior aproveitamento da energia solar durante o ano. Há, ainda, a instalação de módulos flutuantes sobre corpos hídricos.
<i>Concentrated Solar Power</i> (CSP)	Energia solar concentrada ou heliotérmica representa o conjunto de tecnologias que geram eletricidade e/ou calor através da conversão de energia solar concentrada. Essa concentração se dá a partir de lentes ou espelhos e também pode ser usada para uma variedade de aplicações industriais, como dessalinização de água, recuperação aprimorada de óleo, processamento de alimentos, produção química e processamento de minerais.
Eólica <i>onshore/offshore</i>	Processo pelo qual o vento é usado para produzir eletricidade a partir da energia cinética criada pelo ar em movimento. Essa energia cinética é transformada em energia elétrica por meio de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores. A energia eólica pode ser dividida entre <i>onshore</i> e <i>offshore</i> , sendo esta última a que utiliza turbinas eólicas em corpos d'água.

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Metodologia e resultados dos modelos utilizados

a) Articulação metodológica

A modelagem da NEA compreendeu um conjunto de ações integradas entre Laboratório Cenergia (Coppe-UFRJ), Cedeplar-UFMG, The New Climate Economy (NCE) e NAEA-UFPA.

No exercício de modelagem, uma representação simplificada das regiões e das inter-relações técnicas entre setores e fatores (capital, trabalho, capital natural e capital humano) foi utilizada, permitindo a projeção de trajetórias rumo a uma economia de baixo carbono. Esses resultados alimentaram modelos macroeconômicos que permitiram: (1) ajustar os métodos de modelagem às características do exercício da NEA, (2) utilizar modelos complementares para melhor ajuste às necessidades da análise e (3) executar

o modelo para indicar os benefícios socioeconômicos de uma transição do cenário REF para NEA.

A modelagem econômica do NEA inclui cinco modelos, um modelo econômico (TEA) e dois modelos de avaliação integrada (COFFEE e BLUES) desenvolvidos pela Laboratório Cenergia (COPPE/UFRJ), um modelo econômico do Cedeplar/UFMG (REGIA-NEA) e um modelo de dinâmica de sistemas do NCE.

No trabalho de modelagem, o modelo Total-Economy Assessment (TEA) forneceu demandas setoriais ao modelo global Computable Framework for Energy and the Environment (COFFEE). O COFFEE simulou orçamentos de carbono compatíveis com os cenários utilizados no estudo e disponibilizou esses orçamentos ao modelo do Sistema Brasileiro de Uso do Solo e Energia (BLUES).

O BLUES projetou a taxa de penetração de diferentes tecnologias nas atividades econômicas, possíveis mudanças no uso do solo e evolução das diversas

intensidades energéticas setoriais, para os diferentes cenários. Para tanto, utilizou condições de contorno provenientes do Modelo Inter-regional de Equilíbrio Geral da Amazônia Legal Brasileira (REGIA-NEA) e do COFFEE, como a evolução das demandas e do comércio internacional dos sistemas energético e agrícola brasileiro e projeções para o total acumulado de emissões de GEE no Brasil, até 2050. Esses resultados foram utilizados pelo REGIA-NEA que, por sua vez, realizou projeções considerando diferentes impactos nas variáveis econômicas da região, também para cada um dos cenários.

Com base no modelo InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) (Natural Capital Project, 2021), utilizando condições de contorno socioeconômicas fornecidas pelo REGIA-NEA e projeções de uso da terra e intensidade energética do BLUES, projetaram-se, para cada cenário, diferentes níveis de impactos sobre serviços ecossistêmicos na região da Amazônia, como disponibilidade de água, fertilidade dos solos, qualidade de habitat e sequestro de carbono. Parte de seus resultados foram utilizados como inputs no modelo REGIA-NEA.

Por fim, para a construção do cenário “Nova Economia da Amazônia”, foram utilizadas no REGIA-NEA informações provenientes do NAEA/UFPA sobre a participação econômica e as taxas de expansão de produtos da bioeconomia da Amazônia, o que permitiu avaliar o desenvolvimento de alternativas que possam promover o crescimento na região da Amazônia brasileira.

b) Modelo REGIA-NEA

O REGIA-NEA, (Inter-regional General Equilibrium Model for the Brazilian Legal Amazon), modelo adaptado para o projeto da NEA, é um modelo multirregional de Equilíbrio

Geral Computável (GEM) aplicado a dez regiões (nove estados da Amazônia – Acre, Amapá, Amazonas, Roraima, Rondônia, Pará, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso – e restante do Brasil). Possui estrutura bottom up, na qual as regiões são endógenas e os resultados nacionais são agregações dos resultados regionais. Apresenta modelagem específica do uso da terra, diferenciando três tipos de usos econômicos, lavoura, pasto e floresta plantada, por meio de dinâmica recursiva que permite a análise ao longo do tempo e com ajuste endógeno do uso da terra. Para este estudo, sua base de dados foi atualizada e modificada estruturalmente em relação à apresentada em Carvalho (2014) e Carvalho, Domingues e Horridge (2017).

O REGIA-NEA é um modelo multirregional de forma que os choques de política propostos no âmbito do projeto NEA e seus resultados podem ser verificados sobre as 10 regiões trabalhadas

Configuração setorial do modelo REGIA-NEA

A base de dados do REGIA-NEA foi ajustada para melhor adequação ao projeto da NEA. O modelo, que conta inicialmente com 126 setores, passou por uma adaptação a fim de agregar setores menos relevantes para a economia da região e desagregar setores importantes, sobretudo os relacionados ao uso da terra e à bioeconomia. Assim, o modelo passou a apresentar 52 setores, dos quais 23 são relacionados a agropecuária, silvicultura e extração vegetal.

Setores diretamente vinculados à bioeconomia foram desagregados da base original. Podem ser explicitamente trabalhados os setores de silvicultura, extração vegetal, pecuária bovina, mandioca, pesca e aquicultura, além de outros da lavoura permanente que englobam cultivos de açaí, guaraná e cacau, o que permite a modelagem de políticas vinculadas à NEA. A Tabela A8 apresenta a lista final de setores.

Tabela A8 | Setores do modelo REGIA-NEA

1	Arroz	19	Suínos	36	Produtos madeireiros
2	Trigo e cereais	20	Aves	37	Celulose
3	Milho em grão	21	Ovos	38	Indústrias diversas
4	Algodão	22	Silvicultura	39	Etanol e biocombustíveis
5	Cana-de-açúcar	23	Extração vegetal	40	Produtos químicos inorgânicos
6	Soja em grão	24	Pesca e aquicultura	41	Adubo e fertilizantes
7	Mandioca	25	Indústria extrativa	42	Defensivos agrícolas
8	Fumo em folha	26	Carne bovina e outros	43	Eletrônicos
9	Frutas cítricas	27	Carne suína	44	Máquinas e equipamentos
10	Feijão em grão	28	Carne de aves	45	Serviços
11	Outros da lavoura temporária	29	Pesca industrial	46	Eletricidade, gás e outros
12	Laranja	30	Leite resfriado e pasteurizado	47	Construção civil
13	Café em grão	31	Outros laticínios	48	Comércio atacado e varejo
14	Outros da lavoura permanente	32	Rações para animais	49	Transporte de carga
15	Bovinos	33	Alimentos e bebidas	50	Transporte outros
16	Outros animais	34	Vestuário e têxteis	51	Instituições financeiras e seguros
17	Leite de vaca	35	Calçados em couro	52	Setor público
18	Leite de outros animais				

Fonte: Elaborado pelos autores.

A base de dados inicial do modelo corresponde ao ano de 2015, tendo sido atualizada por simulações até 2020, que utilizaram dados observados para o crescimento das seguintes variáveis: Produto Interno Bruto (PIB), investimento, exportações setoriais, exportações agregadas, consumo do governo,

consumo das famílias e desmatamentos. As variáveis citadas apresentaram desempenho exógeno, de acordo com o observado no período. As demais variáveis foram atualizadas de forma endógena, respeitando seus desempenhos. A Tabela A9 apresenta as variáveis macroeconômicas utilizadas.

Tabela A9 | Variáveis macroeconômicas para a atualização da base de dados do modelo REGIA-NEA (variação % anual)

Variável	2016	2017	2018	2019	2020
PIB	-3,28	1,32	1,32	1,14	-4,1
Investimento	-12,13	-2,56	3,91	2,24	-0,8
Consumo das famílias	-3,84	1,97	2,05	1,84	-5,5
Gastos do governo	0,21	-0,67	0,36	-0,44	2
Exportações	0,86	4,91	3,99	-2,54	-1,8

Fonte: Elaborado pelos autores.

O desempenho das exportações por setor, observado entre 2015 e 2020, também foi incorporado no

procedimento de atualização da base de dados. A Tabela A10 apresenta os dados utilizados.

Tabela A10 | Variáveis macroeconômicas para a atualização da base de dados do modelo REGIA-NEA (variação % anual/ produtos)

Setores / Período	2016	2017	2018	2019	2020
1. Arroz	-0,28	-0,11	1,34	-0,55	-0,55
2. Trigo e cereais	-0,60	-0,13	-0,64	1,39	1,39
3. Milho em grão	-0,24	0,34	-0,22	-0,01	-0,01
4. Algodão	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5. Cana-de-açúcar	-0,28	-1,00	0,00	-1,00	-1,00
6. Soja em grão	-0,05	0,32	0,22	-0,32	-0,32
7. Mandioca	0,35	0,53	0,26	0,38	0,38
8. Fumo em folha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9. Frutas cítricas	-0,01	-0,04	0,06	-0,15	-0,15
10. Feijão em grão	-1,00	0,00	0,00	2,66	2,66
11. Outros da lavoura temporária	-0,34	2,80	0,52	-0,96	-0,96
12. Laranja	0,32	0,04	-0,19	-0,92	-0,92
13. Café em grão	-0,08	-0,09	0,10	-0,21	-0,21
14. Outros da lavoura permanente	-0,02	0,31	-0,23	-0,37	-0,37
15. Bovinos	0,04	0,26	0,77	-0,45	-0,45
16. Outros animais	-0,95	1,22	0,09	0,71	0,71
17. Leite de vaca	37,03	-0,98	35,20	1,09	1,09
18. Leite de outros animais	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19. Suínos	-0,42	1,27	0,31	-0,32	-0,32
20. Aves	0,01	0,12	0,28	-0,36	-0,36
21. Ovos	-0,31	-0,14	0,53	-0,41	-0,41
22. Silvicultura	0,23	0,14	0,10	-0,32	-0,32
23. Extração vegetal	-0,36	0,72	-0,76	0,12	0,12
24. Pesca e aquicultura	0,14	0,03	-0,03	-0,29	-0,29
25. Indústria extrativa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26. Carne bovina e outros	0,00	0,10	0,11	-0,31	-0,31
27. Carne suína	0,33	-0,05	-0,07	-0,27	-0,27
28. Carne de aves	0,02	-0,02	-0,05	-0,32	-0,32
29. Pesca industrial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30. Leite resfriado e pasteurizado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31. Outros laticínios	0,07	-0,21	-0,40	-0,54	-0,54
32. Rações para animais	0,24	0,33	0,01	-0,36	-0,36
33. Alimentos e bebidas	0,07	0,16	0,17	-0,35	-0,35
34. Vestuário e têxteis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35. Calçados em couro	0,16	-0,10	-0,05	-0,26	-0,26
36. Produtos madeireiros	-0,13	0,42	0,61	-0,36	-0,36
37. Celulose	0,13	0,02	0,10	-0,32	-0,32

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados do COMEX STAT (MDIC, 2021).

Especificações do modelo REGIA-NEA

Trata-se de um modelo *bottom up*, isto é, um modelo multirregional em que os resultados nacionais são agregações dos resultados regionais. Segue a estrutura e formulação teórica-computacional do modelo TERM (The Enormous Regional Model) (Horridge, Madden e Wittwer, 2005), com adição de um módulo de dinâmica recursiva (Dixon e Rimmer, 1998; 2002) e de uso da terra, conforme Carvalho (2014). Foi calibrado com dados de 2015, ano mais recente para a Matriz de Insumo-Produto do Brasil publicada pelo IBGE (2018), a mesma utilizada na MIIP-AML.

Uma de suas principais características é a capacidade computacional de trabalhar com grande número de regiões e setores a partir de uma base de dados mais compacta e hipóteses simplificadoras na modelagem do comércio inter-regional. Por exemplo, o modelo assume que todos os usuários de bens industriais em uma determinada região utilizam bens com origem nas demais regiões em proporções fixas. Assim, a necessidade de informação sobre a origem por usos específicos no destino é eliminada da base de dados (Magalhães, 2009).

A especificação teórica do REGIA-NEA está dividida em três partes. A primeira apresenta o núcleo base do modelo: (1) o mecanismo de composição por origem das demandas regionais, (2) a estrutura de produção, (3) a demanda por investimento, (4) a demanda das famílias, (5) a demanda por exportações, (6) a demanda do governo, (7) o funcionamento do mercado de trabalho, (8) o equilíbrio de mercados, (9) a demanda por margens e (10) preços de compra. A segunda parte mostra os elementos de dinâmica recursiva que permitem um ajuste intertemporal nos estoques de capital, investimentos e do mercado de trabalho. A terceira parte apresenta a incorporação de um módulo que analisa os efeitos das mudanças no uso da terra.

Mecanismo de composição por origem das demandas regionais

A Figura A1 apresenta o sistema de composição por origem das demandas do modelo. Embora exemplifique apenas a demanda por um único produto (alimentos), um único usuário (famílias), em uma única região (Pará), o mesmo diagrama

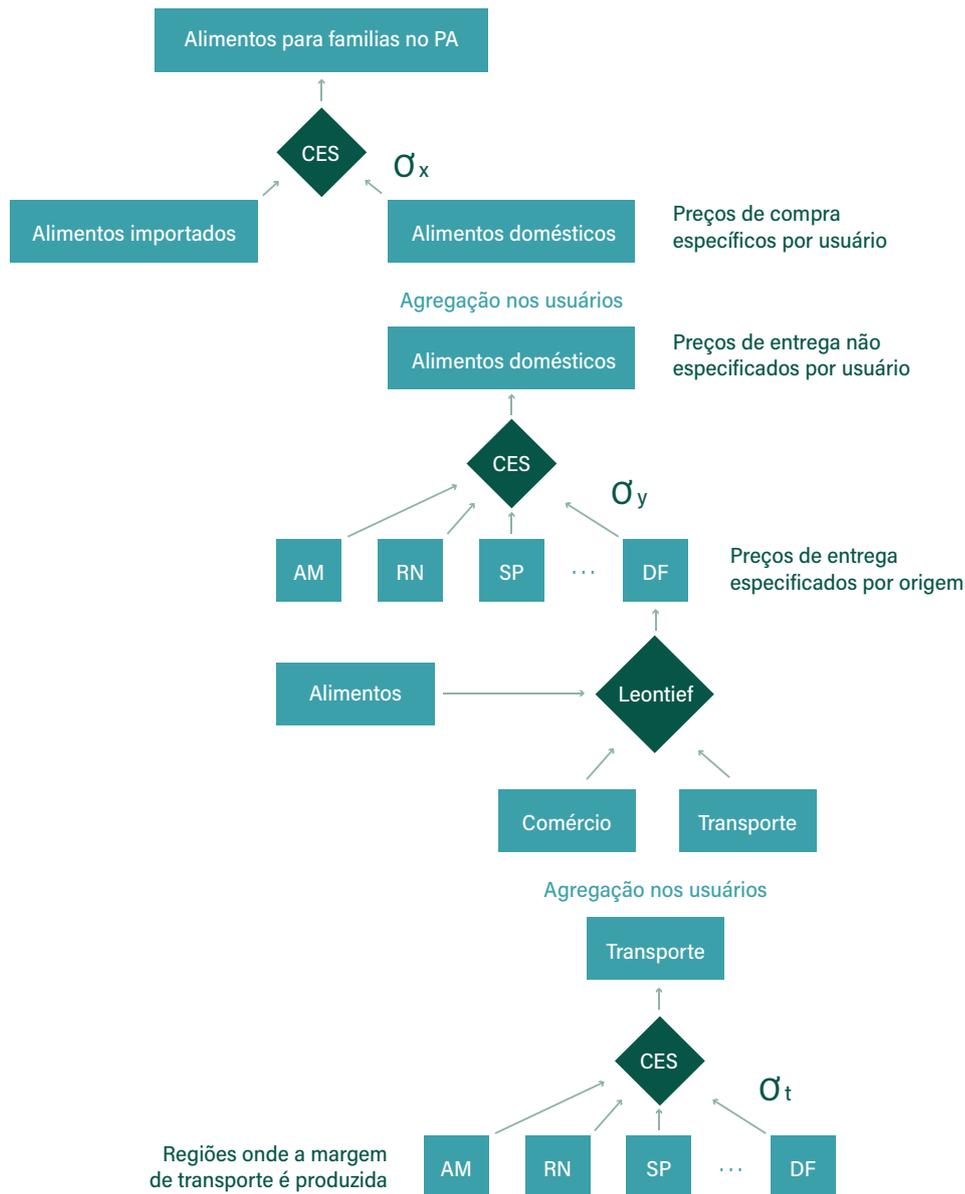
é aplicado aos demais produtos, usuários e regiões, de tal modo que o diagrama completo é a composição de todos eles. A figura descreve uma série de estruturas aninhadas (segmentadas em quatro níveis), indicando as várias possibilidades de substituição que são permitidas pelo REGIA-NEA.

No primeiro nível, as famílias escolhem entre alimentos domésticos e importados (de outros países), e essa escolha é guiada por uma especificação CES (Constant Elasticity of Substitution) (hipótese de Armington). As demandas estão relacionadas aos valores de compra específicos por uso e a elasticidade de substituição entre o composto doméstico e importado, representado pelo parâmetro α . Esse parâmetro é específico para cada bem, mas constante por uso e região, embora estimativas diferenciadas possam ser utilizadas. As demandas por bens domésticos em uma região são agregadas (para todos os usos) de forma a determinar o valor total. O valor para os usuários é representado por preços de entrega – que incluem os preços básicos e as margens (comércio e transporte), mas não os impostos por uso específico.

O segundo nível trata a origem do composto doméstico dentre as diversas regiões consideradas. Uma especificação CES também controla essa alocação, com elasticidade representada por σ , e implica que regiões com queda de custo relativo de produção aumentam seu *market share* na região de destino do produto. O mecanismo de substituição é baseado em preços de entrega, que incluem margens de comércio e de transporte. Portanto, mesmo que os preços de produção sejam fixos, alterações nos custos de transporte afetam os *market shares* regionais. As variáveis neste nível não são diferenciadas por usuário, assim, a decisão é feita com base em todos os usuários. A implicação dessa hipótese é que no Pará (PA), por exemplo, a proporção de alimentos provenientes do Amazonas (AM) é a mesma para as famílias e demais usuários.

O terceiro nível mostra como os alimentos de uma determinada região, por exemplo, o Pará (PA), são direcionados para São Paulo (SP) de acordo com os valores básicos e margens de comércio e transporte. A participação de cada um desses componentes no preço de entrega é determinada por uma função Leontief – participações fixas. Dessa forma, elimina-se a hipótese de substituição entre margens de comércio

Figura A1 | Mecanismo de composição da demanda no modelo REGIA-NEA



Fonte: Elaborado pelos autores.

e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é específica por origem, destino, bem e fonte (doméstica ou importada). Por exemplo, espera-se que a participação dos custos de transporte no preço de entrega seja elevada entre duas regiões distantes ou para bens com elevada participação dos custos de transporte em seu preço.

A parte final da estrutura aninhada indica como as margens sobre alimentos, do Pará (PA) para São Paulo (SP), por exemplo, podem ser produzidas em diferentes regiões. Espera-se que as margens sejam distribuídas equitativamente entre origem e destino. Existe substituição nos fornecedores de margem

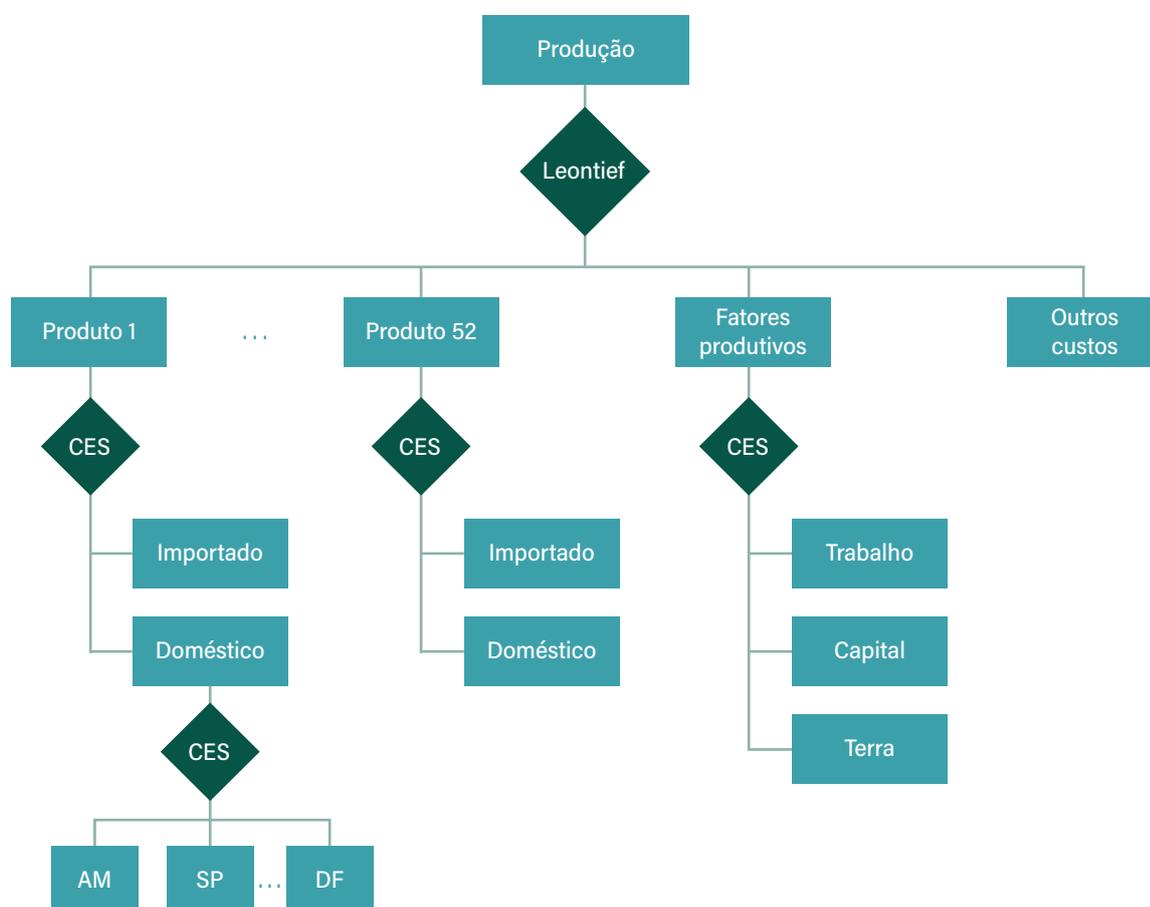
de acordo com uma função CES, representada pela elasticidade σ_t . Essa elasticidade pode capturar a capacidade dos transportadores realocarem seus depósitos de armazenagem ao longo de rotas. Tal decisão de substituição também é tomada em nível agregado. A hipótese implícita é que a participação do Pará (PA), por exemplo, na provisão de margens na comercialização de bens entre São Paulo (SP) e outras UFs é a mesma, não importando o bem que esteja sendo transportado. O mesmo mecanismo de origem de fluxos é aplicado aos bens importados, mas traçando sua origem ao porto de entrada como a região de origem (mercado externo).

Em relação ao processo de decisão dos agentes econômicos, a representação hierárquica descrita é usual nos modelos EGC. Embora seja inspirada em um processo decisório aparentemente sequencial, convém frisar que os agentes otimizam suas decisões simultaneamente. Nesse sentido, tal representação tem caráter ilustrativo.

Estrutura de produção

No REGIA-NEA, cada setor produz um único produto, utilizando-se de insumos domésticos e importados e fatores primários (trabalho, capital e terra, sendo a última usada apenas nos setores da agropecuária). A Figura A2 apresenta a tecnologia de produção adotada no modelo, que é a especificação usual em modelos EGC, ainda sem o detalhamento do módulo de uso da terra que será apresentado posteriormente.

Figura A2 | Estrutura da função de produção



Fonte: Elaborado pelos autores.

No primeiro nível da Figura A2, os produtores escolhem uma combinação de insumos intermediários e fatores primários por meio de uma tecnologia de produção do tipo Leontief para minimizar os custos. Essa especificação considera que a primeira decisão dos produtores diz respeito aos requerimentos agregados dos compostos de insumo e fatores primários para produção de uma unidade de produto.

No segundo nível, os insumos intermediários são demandados tanto do mercado doméstico quanto importados, por meio de funções CES, o que implica novamente a adoção da hipótese de Armington (1969) de diferenciação de produtos. Por essa hipótese, bens de diferentes origens (doméstica ou importada) são tratados como substitutos imperfeitos². Esse tratamento permite que o modelo exiba padrões

de comércio intrassetoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura³. Além disso, neste nível também se admite uma função CES para combinar os fatores primários (capital, trabalho e terra).

No terceiro nível, os insumos domésticos podem ser demandados das diferentes UFs consideradas no modelo, cuja substituição também segue uma função CES.

Demanda das famílias

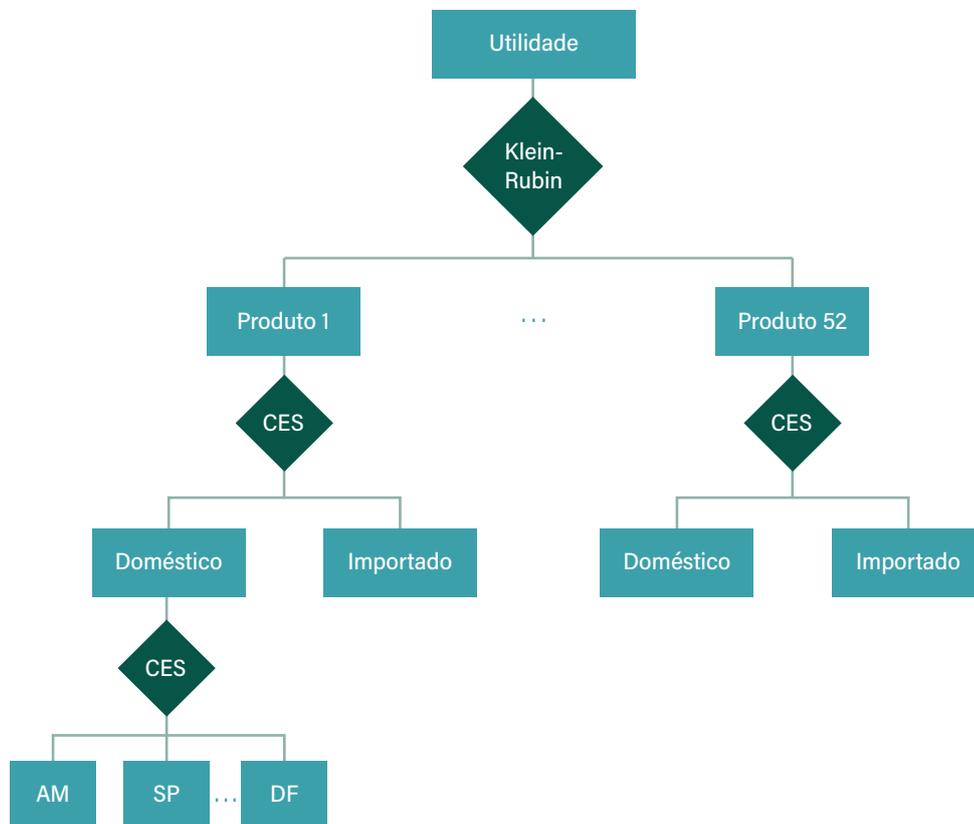
No modelo REGIA-NEA, há uma família representativa para cada região que consome bens domésticos e bens importados. O tratamento da demanda das famílias é baseado em um sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. As equações são derivadas de um problema de maximização de utilidade, cuja solução segue etapas hierarquizadas (ver Figura A3). No último nível ocorre substituição CES entre bens domésticos de diferentes regiões. No segundo nível, tem-se a substituição

entre bens domésticos e importados, também guiada por uma função CES.

No nível superior subsequente, há uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada conforme essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao Sistema Linear de Gastos (LES, na sigla em inglês), no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

A denominação LES deriva da propriedade de que o gasto em cada bem é uma função linear dos preços médios (composto doméstico e importado) e do gasto (renda). Existe um requisito de subsistência em cada produto, cujas quantidades são adquiridas independentemente do preço do produto. O resíduo do orçamento do consumidor, depois dos gastos totais de subsistência, é chamado de gasto de luxo. A alocação desse gasto nos diversos bens segue uma participação orçamentária marginal – calibrada de acordo com parâmetros de elasticidade do gasto e de participação orçamentária.

Figura A3 | Estrutura da demanda das famílias



Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Haddad (2004), a função utilidade per capita Stone-Geary ou Klein-Rubin, que possui a forma de uma função Cobb-Douglas, pode ser definida pela equação que segue:

$$U(h) = \sum_i^N \frac{1}{Q} (X(h) - y(h))^{-\beta} \quad (1)$$

Em que $X(h)$ é o consumo agregado do bem i pela família representativa h , e Q é o número de famílias. y é a quantidade de subsistência de cada família h , e β representa a participação orçamentária marginal sobre os gastos totais em bens de luxo (vetores de parâmetros). Uma característica da função de utilidade Stone-Geary é que apenas o componente de gastos acima do nível de subsistência, ou gastos em bens de luxo, afetam a utilidade per capita (Peter, Meguer e Parmenter, 1996).

O sistema de demanda regional resultante implica que a quantia gasta em cada produto acima do nível de subsistência, $(X(h) - y(h)) \cdot P(i)$,

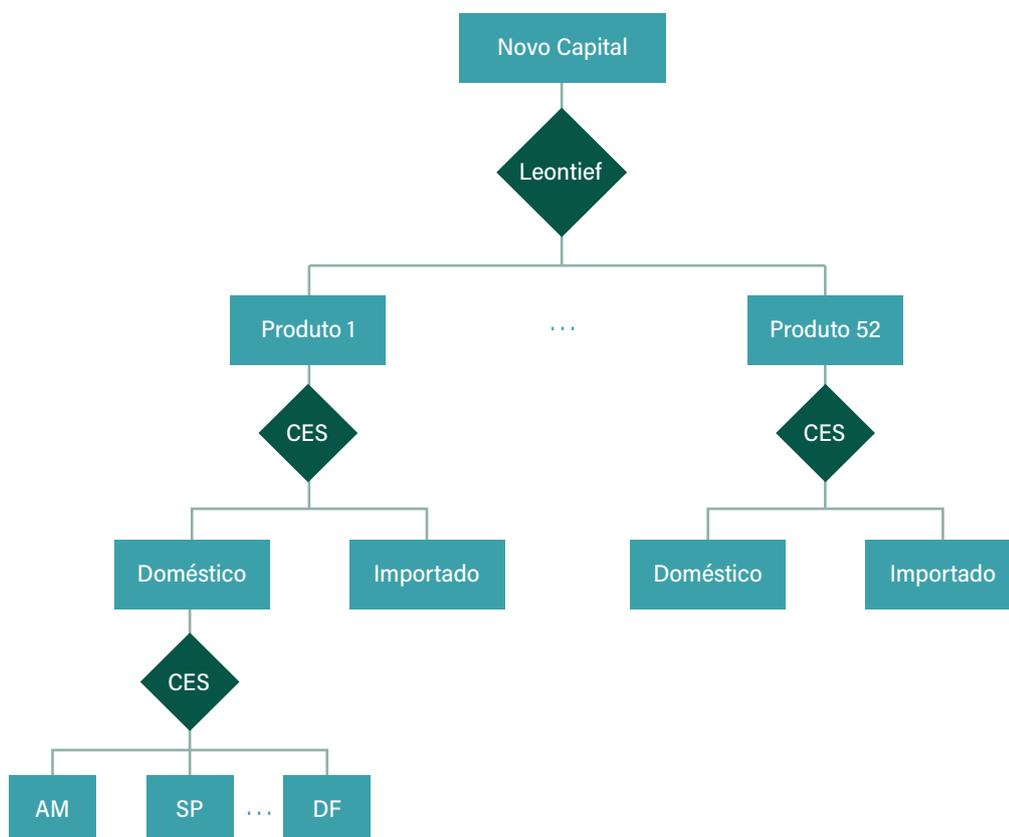
é dada por uma participação constante no gasto total em bens de luxo, tal que:

$$(X(h) - y(h)) \cdot P(k) = \beta_i \sum_k (X(k) - y(k)) \cdot P(k) \quad (2)$$

Demanda por investimento

A demanda por bens de investimentos para cada um dos 52 setores considerados no modelo REGIA-NEA, nas dez regiões, é definida como um problema de minimização de custos dos investidores, no qual o custo total dos bens de investimentos é minimizado sujeito a uma função de produção CES no nível inferior da função de produção por bens de investimento, enquanto no nível superior a estrutura também é do tipo Leontief (ver Figura A4). Destaca-se ainda que a criação de um novo capital em cada indústria acompanha a lucratividade de cada atividade, levando-se em conta a taxa de retorno do capital. Dessa forma, setores com aumento de lucratividade são induzidos a ampliar a acumulação de capital.

Figura A4 | Estrutura da demanda por investimento



Fonte: Elaborado pelos autores.

Demanda por exportações

Em um modelo onde o restante do mundo é exógeno, a hipótese usual é definir curvas de demanda negativamente inclinadas nos próprios preços do mercado mundial. No REGIA-NEA, um vetor de elasticidade (diferenciado por produto, mas não por região de origem) representa a resposta da demanda externa a alterações no preço FOB, da sigla em inglês *Free On Board*, das exportações. Deslocamentos no preço e na demanda por exportações possibilitam choques nas curvas de demanda.

As funções de demanda por exportações representam a saída de bens que deixam o país por uma determinada região (porto). Como a mesma especificação de composição por origem da demanda se aplica às exportações, o modelo pode capturar os custos de transporte, por exemplo, de exportações de produtos de uma UF (r) exportados pelo porto da UF (d). Esta característica distinta do modelo permite diferenciar o local de produção do bem exportado e seu ponto (estado) de exportação.

Demanda do governo

A demanda do governo representa a soma das esferas federal, estadual e municipal. Essa demanda não é modelada explicitamente e pode seguir a renda regional (variando de acordo com a renda de cada estado) ou ser determinada de forma exógena.

Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra

O REGIA-NEA opera com equações de equilíbrio de mercado para todos os bens consumidos localmente, tanto domésticos como importados. Os preços de compra para todos os grupos de uso (produtores, investidores, famílias, exportadores e governo) são a soma dos valores básicos e dos impostos (diretos e indiretos) sobre vendas e margens. Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad valorem* sobre os fluxos básicos. O equilíbrio também se dá no mercado de fatores (capital e trabalho) em cada região. As demandas por margens (transporte e comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais estão conectadas.

Outras equações

O modelo ainda especifica uma série de equações para o cálculo dos agregados macroeconômicos e indicadores do banco de dados. Estes são importantes para o entendimento das simulações e explicação dos resultados. Há equações para:

1. PIB do lado do dispêndio e do lado da renda;
2. Saldo comercial;
3. Índices de preços de consumo das famílias, do investimento, das exportações, das importações e do PIB (deflator implícito);
4. Agregações de fatores primários (capital, trabalho e terra);
5. Decomposições das vendas (uso intermediário e final);
6. Decomposições do PIB (lado da renda e do dispêndio).

Elementos de dinâmica recursiva

O modelo REGIA-NEA apresenta uma especificação de dinâmica recursiva para o investimento (e estoque de capital) e para o mercado de trabalho.

O investimento e o estoque de capital (para cada região) seguem mecanismos de acumulação e de deslocamento intersetorial a partir de regras pré-estabelecidas associadas a taxas de depreciação e de retorno. Os detalhes deste módulo são descritos a seguir.

Uma das modificações para tornar o modelo dinâmico é ligar os fluxos de investimentos anuais aos estoques de capital. Dessa maneira, a acumulação de capital para cada região ocorre de acordo com:

$$K_{j,t+1} = K_{j,t}(1 - D_{j,t}) + I_{j,t} \quad (3)$$

em que $K_{j,t}$ é a quantidade de capital disponível para a indústria j no ano t ; $I_{j,t}$ é a quantidade de investimento (novo capital) na indústria no ano t ; e $D_{j,t}$ é a taxa de depreciação.

Em cada ano de simulação, assume-se que as taxas de crescimento do capital em uma determinada indústria (e dessa forma, os níveis de investimento) sejam determinadas pela disposição dos indivíduos a investir frente aos aumentos nas taxas esperadas de retorno (Dixon e Rimmer, 1998). Esses desvios na taxa de retorno são eliminados gradualmente. Em outras palavras, admite-se que o crescimento do capital em uma indústria específica no ano t é limitado pelas percepções de risco do investidor (em relação à taxa de retorno esperada), ao invés dos custos de instalação crescentes (via seus efeitos nos custos unitários de construção e outras indústrias fornecedoras de capital). Desse modo, a taxa de crescimento do capital no ano t será maior do que sua taxa normal apenas à medida que a taxa de retorno esperada pelos investidores for superior à taxa de retorno normal.

Com estoque inicial de K_{j0} e com o mecanismo para determinar o investimento $I_{j,t}$, a Equação (4) que representa a taxa de retorno esperada, pode ser utilizada para esboçar o caminho que o estoque de capital em j percorre para cada região:

$$E_t(R_{j,t}) - ER_j + DR_j \quad (4)$$

em que $E_t(R_{j,t})$ é a taxa de retorno esperada no ano t para os proprietários de capital da indústria j ; ER_j é a taxa de retorno de equilíbrio esperada, ou seja, a taxa esperada de retorno exigida para sustentar indefinidamente a taxa corrente de crescimento de capital em j ; e DR_j representa uma medida de desequilíbrio na taxa de retorno corrente em j .

Na maioria das aplicações de modelos dinâmicos EGC, o mecanismo para determinar o investimento em j para cada região pode ser representado por:

$$E_t(R_{j,t}) = -1 + \left[\frac{E_t(Q_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right] \cdot \left(\frac{1}{1+r} \right) + (1 - D_j) \cdot \left[\frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right] \cdot \left(\frac{1}{1+r} \right) \quad (5)$$

$$E_t(R_{j,t}) = f_{j,t} \left(\frac{K_{j,t+1} - 1}{K_{j,t}} \right) \quad (6)$$

em que E_t representa a expectativa no ano t ; $R_{j,t}$ é a taxa de retorno do investimento no setor j realizado no ano t ; $(Q_{j,t+1})$ representa o retorno do capital no setor j no ano $t+1$; r é a taxa de juros; $C_{j,t}$ é o custo extra de uma unidade de capital instalado no setor j no ano t ; e $f_{j,t}$ representa uma função não-decrescente.

A Equação (5) representa a taxa de retorno esperada do setor j no ano t como o valor presente de um real extra de investimento, isto é, um real de investimento compra $1/C_{j,t}$ unidades de capital no ano t . Além disso, diante dessa equação, espera-se gerar uma renda no ano $t+1$ de $\left[\frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right]$ e reduzir a necessidade de gastos em investimento em $(1-D) \cdot \left[\frac{E_t(C_{j,t+1})}{C_{j,t}} \right]$. Assim, a taxa esperada de retorno na indústria j determina seu nível de investimento em um dado período.

Já a Equação (6) mostra uma curva de oferta de investimento em que a taxa de retorno esperada para um real adicional de investimento depende da taxa de crescimento do estoque de capital da indústria j . Essa equação tem por hipótese a redução da disponibilidade de fundos de investimento de tal modo que, diante da inclinação positiva da curva $f_{j,t}$, o setor j atrairia consideráveis fundos de investimento dado uma alta taxa de crescimento do capital, e, com isso, provoca a alta na taxa esperada de retorno para atrair o investidor marginal. Isso implica que quanto maior a taxa de crescimento do capital entre dois períodos, maior será a taxa de retorno esperada. Cabe notar que é usual assumir que a oferta de fundos de investimento é infinitamente elástica em relação à taxa de juros.

Por sua vez, o mercado de trabalho apresenta um elemento de ajuste intertemporal dos salários reais, envolvendo o emprego atual e o emprego tendencial. A demanda por trabalho determina a quantidade de trabalhadores utilizados na produção e os salários reais são rígidos no curto prazo, mas flexíveis no longo prazo.

Assume-se que quando o nível de emprego em $t+1$ excede em $E\%$ o crescimento tendencial, o salário real aumenta em $yE\%$, caracterizando uma relação negativa entre emprego e salário real. Assim, enquanto o nível de emprego estiver acima do tendencial, o salário real aumenta, e quando o emprego está abaixo do nível tendencial o salário real diminui, incentivando posteriores aumentos na demanda por trabalho e assim equilibrando o mercado de trabalho. Tal comportamento é consistente com a existência de uma taxa de desemprego Non-Accelerating Inflation Rate of Unemployment (Nairu) exógena ou fracamente dependente dos salários reais (Dixon e Rimmer, 2002).

O módulo de uso da terra

Um dos diferenciais do REGIA-NEA é a incorporação de um modelo de uso da terra. A terra é um dos fatores primários do modelo, assim como o capital e o trabalho, e é utilizada na produção dos setores agrícolas, silvicultura e pecuária. O uso da terra é modelado separadamente para cada uma das regiões, mantendo fixa a área total e impedindo a mobilidade do fator entre as regiões. O uso da terra é dividido em quatro tipos: lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural e demais áreas.

A área de lavoura é utilizada na produção de 14 setores, a área de pasto em cinco e a floresta plantada é usada em dois (silvicultura e exploração florestal). No modelo, os setores/produtos agrícolas, assim como o uso da terra, são específicos para cada região.

Assume-se que cada setor do modelo esteja ligado a um desses tipos de uso da terra. Assim, o setor de “soja em grão” é ligado à classe de uso “soja”, enquanto o setor “bovinos” é ligado às classes de “pastagem”, em suas variações degradada e não degradada. Para os setores para os quais não há informação espacialmente explícita da respectiva classe de uso de solo, é feito rateio baseado na área plantada registrada no IBGE e a área espacialmente explícita agricultura permanente e temporária, no nível municipal. Para as áreas de floresta natural e demais usos é definida como a área total de cada mesorregião, menos as áreas de agricultura, pastagem e floresta plantada. Assim, inclui-se todas as áreas que não são utilizadas nos sistemas agroflorestais, como áreas urbanas, estradas e corpos d’água, supondo-se serem classes com menor dinâmica de mudança. A Tabela A11 detalha os setores de uso do fator terra.

Tabela A11 | Descrição dos setores no uso do fator terra

Uso da terra	Produtos
Lavoura	1. Arroz em casca, 2. Trigo e cereais, 3. Milho em grão, 4. Algodão herbáceo, 5. Cana-de-açúcar, 6. Soja em grão, 7. Mandioca, 8. Fumo em folha, 9. Frutas cítricas, 10. Feijão, 11. Outras da lavoura temporária, 12. Laranja, 13. Café em grão e 14. Outras da lavoura permanente
Pasto	1. Bovinos, 2. Outros animais, 3. Leite de vaca, 4. Outros laticínios e 5. Suínos
Floresta plantada	1. Silvicultura e 2. Exploração florestal

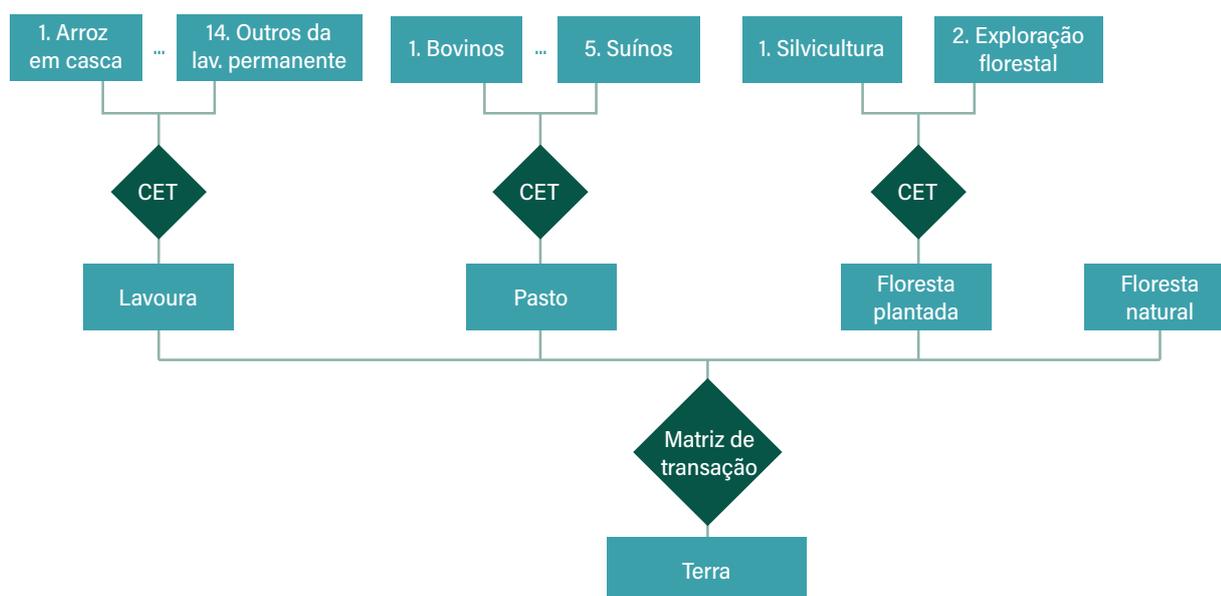
Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de conversão de terra é ilustrado pela Figura A6. Lavoura (aqui considerado sinônimo de agricultura temporária e permanente), pasto (sinônimo de pastagem) e floresta plantada podem ser alocados entre os diferentes setores (relacionados a cada uso) de acordo com o diferencial de remuneração entre os usos. Assim, a demanda por terra responde às mudanças na remuneração para cada setor. Neste nível, cada uso de terra (lavoura, pasto e floresta plantada) é distribuído no ano t de acordo com uma função CET entre as commodities para cada região. Na forma percentual, tem-se:

$$x_{ir} = x_r + a_{ind}(p_{ir} - p_r) \quad (7)$$

em que x_{ir} é a mudança percentual da demanda por terra alocada para o produto i na região r . p_{ir} é a mudança percentual na remuneração da terra para o produto i na região r . x_r é a variação percentual do insumo total terra (lavoura, pasto e floresta plantada) na região r . E p_r é a remuneração média de todos os produtos na região r . Assim, se em determinada região a remuneração do setor i é superior à remuneração média da região ($p_{ir} - p_r > 0$), ocorrerá uma mudança positiva da alocação de terra em direção ao cultivo i .

Figura A5 | Estrutura de locação do fator terra entre os setores (ano t)



Fonte: Elaborado pelos autores.

A variação total na demanda por cada uso de terra para cada região é dada por $x_r - \sum_k S_k x_k$, usando a distribuição de remuneração S_k , com k representando os diversos usos da terra (lavoura, pasto e floresta plantada). Porém, deve-se adotar um limite físico da área total da região r , que será $\sum_k H_k x_k - O$, usando a distribuição de hectares H_k . Assim, para manter a área total constante, utiliza-se uma variável física em hectares, n_{kr} , para cada uso da terra por região r , computada por:

$$n_{kr} = x_{kr} + \mu \quad (8)$$

em que μ é calculado tal que $O - \sum_k H_k n_k$, garantindo que a oferta física total de terra seja fixa.

Assim, a demanda por terra, segundo os diferentes usos, é ligada à oferta de terra no modelo. A ideia é que a demanda por terra, x_{kr} , influencia o processo de conversão de terra entre os usos, isto é, o lado da oferta, n_{kr} . No modelo REGIA-NEA, isso é operacionalizado ao determinar que a variação da demanda por terra é igual à variação da oferta de terra. Tal mecanismo garante o equilíbrio no mercado de terra, fixando a oferta total de terra regional disponível.

No segundo nível da anterior, tem-se a oferta de terra segundo os diferentes usos, representando

o ajuste dinâmico de seu mercado. Essa estrutura vai permitir que o fator terra se mova entre suas diferentes categorias entre o ano t e o ano $t+1$. Uma função CET não conseguiria capturar o processo de conversão entre os tipos de usos da terra. Para isso, o processo é controlado por meio de uma matriz de transição que representa as possibilidades de conversão da terra entre o ano t e o ano $t+1$. A matriz representa a mobilidade da terra entre os usos, indicando as possibilidades de transformação.

A matriz de transição captura o fato de que terras mais produtivas são inicialmente utilizadas no processo produtivo e, ao mesmo tempo, a utilização marginal da terra que poderia ser convertida em uso produtivo é limitada. O processo econômico de conversão da terra ocorre da seguinte forma: as florestas seriam inicialmente convertidas em áreas para pasto, que após algum tempo estariam aptas a serem convertidas em áreas para lavoura (Barona et al., 2010; Cattaneo, 2002; Ferreira Filho e Horridge, 2012; Macedo et al., 2012).

Portanto, a matriz mostra que a conversão entre os usos, por exemplo, de pasto para lavoura é mais fácil de ser realizada do que de floresta natural para lavoura diretamente. Se a diferença entre a quantidade de terra empregada na produção agrícola e a área total da região é grande, então, os aumentos na demanda

por terra vão conduzir a uma maior conversão de terra para a utilização agrícola. Isso, por sua vez, vai levar a um aumento na remuneração da terra para compensar os custos associados a essa conversão.

No REGIA-NEA, a matriz de transição foi construída baseada na metodologia de Ferreira Filho e Horridge (2014). A matriz calibrada indica como o uso da terra muda entre os diferentes tipos (lavoura, pasto, floresta plantada e floresta natural) ao longo do tempo. Entre dois períodos (anos), o modelo permite que a terra se mova entre lavoura, pasto, floresta plantada, ou que floresta natural se converta em um dos três.

A oferta de terra para cada tipo de uso em cada região aumenta de acordo com a taxa anual de crescimento percentual de cada uso dado pela matriz de transição:

$$N_{k,t+1} = 100 * \Delta N_{k,(t+1,t)} / N_{k,t} \quad (9)$$

Além dessa taxa de crescimento anual, para ajustar a matriz de transição ao próximo período, o estoque corrente de terra em t é distribuído para o próximo ano $t+1$, respondendo às variações da remuneração da terra. As matrizes de transição podem ser expressas na forma de participação percentual (isto é, o total da soma das linhas igual a 1), mostrando as probabilidades que um hectare particular de terra usado para o pasto seja usado no próximo ano para a lavoura. No REGIA-NEA, essas probabilidades ou proporções são modeladas como uma função da variação da rentabilidade de cada tipo de terra:

$$S_{pkr} = \mu_{pr} \cdot L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta ind} \cdot M_{kr} \quad (10)$$

ou alternativamente:

$$= L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta ind} \cdot M_{kr} / \sum_k L_{pkr} \cdot P_{kr}^{\beta ind} \cdot M_{kr} \quad (11)$$

Em que o subscrito r denota região. S_{pkr} é a participação da terra do tipo p que se transforma em k na região r . μ_{pr} é uma variável de ajuste para assegurar que $\sum_k S_{pkr} = 1$. L_{pkr} é uma constante de calibração que representa o valor inicial de S_{pkr} (dado pela matriz de transição). $P_{kr}^{\beta ind}$ é a remuneração unitária média do tipo de terra k . βind é um parâmetro de sensibilidade que mede a resposta da oferta de terra em relação às variações da remuneração. M_{kt} é uma variável de deslocamento de valor inicial igual a 1.

Retirando o subscrito r , tem-se:

$$S_{pk} = \mu_p \cdot L_{pk} \cdot P_k^{\beta ind} \cdot M_k \quad (12)$$

Em que S_{pk} é a participação do tipo de terra p que se transforma em k . Seja $N_{k,t}$ a área de terra do tipo k no ano t . Então, a área de terra do tipo k no ano $t+1$ será:

$$N_{k,t+1} = \sum_k S_{pk} N_{kt} \quad (13)$$

Se o preço não muda, S_{pk} também não muda. Eventualmente, alcança-se um padrão imutável de uso da terra N_k , tal que:

$$N_k = \sum_k S_{p,k} N_k \quad (14)$$

e qualquer modo, alcançando N_k estável provavelmente mudaria o preço da terra e assim S_{pk} , portanto, é difícil determinar N_k no equilíbrio.

A elasticidade da oferta de terra com relação aos retornos da terra deve refletir que quanto maior a sua disponibilidade maior deve ser o valor dessa elasticidade. A maior disponibilidade de terra implica maior facilidade no processo de sua conversão em termos de custos. Assim, se a remuneração de lavoura aumenta em relação à remuneração do pasto no ano t (lado da demanda), a taxa de conversão de pasto para lavoura vai aumentar e, assim, a quantidade de terra destinada para lavoura em $t+1$ também aumenta. Para modelar a taxa de conversão de florestas naturais, foi necessário considerar uma remuneração fictícia, no caso, o Índice de Preços ao Usuário Final. Desse modo, a matriz de transição é ajustada anualmente, assim como a oferta de terra.

c) Estratégias de simulação

Para o projeto NEA, foram considerados três diferentes cenários que utilizaram dados relacionados ao uso da terra obtidos pelo modelo do Laboratório Cenergia (Coppe-UFRJ), dados de produtividade da terra e no uso de fertilizantes, de acordo com o modelo da NCE e dados sobre bioeconomia da UFPA. Para todos os cenários, foi utilizada a base de dados atualizada com os dados observados até 2020, permitindo simulações quinquenais a partir de 2021. Os cenários são descritos em detalhes nas próximas seções.

d) Cenário Referencial (REF)

O primeiro cenário, chamado Referencial, considerou o aumento das áreas de pastagem e lavoura e a redução da área de floresta plantada que foram obtidos pelo modelo do Laboratório Cenergia (Coppe-UFRJ). Considerou-se também a perda de produtividade no uso da terra e no uso de fertilizantes provocados pelo desmatamento, segundo os dados do acoplamento dos modelos BLUES-InVEST.

Para a implementação desse cenário, foi necessário um ajuste no fechamento (determinação das variáveis endógenas e exógenas do modelo) a fim de permitir que as variáveis que representam as áreas de lavoura, pastagem e floresta plantada ficassem exógenas e pudessem seguir a trajetória dos cenários do Laboratório Cenergia (Coppe-UFRJ) para a região Norte e para o restante do Brasil. Dessa forma, a variável de uso da terra (por uso), que é naturalmente endógena, se tornou exógena a partir da substituição por uma variável de deslocamento (por uso). Assim, as variações percentuais sobre os usos da terra foram aplicadas conforme a Tabela A13.

Além das mudanças de uso do solo, o cenário referencial (REF) inclui elementos provenientes das informações do modelo InVest. Tais informações foram incorporadas no modelo REGIA-NEA como variações de produtividade de fatores como terra e uso de fertilizantes. Para essas mudanças de produtividade, utilizaram-se variáveis tecnológicas do REGIA-NEA: uma que representa a produtividade da terra e outra a produtividade no uso de insumos de produção relacionados ao setor de adubos e fertilizantes. A Tabela A12 apresenta as variações de produtividade da terra e no uso de fertilizantes. Há queda de produtividade para a maioria dos estados, com exceção do Maranhão, que apresenta ganhos.

Tabela A12 | Mudanças na produtividade da terra e no uso de fertilizantes no cenário REF

Estado	Variação % por quinquênio	
	Produtividade da terra	Produtividade no uso de fertilizantes
Acre	-3,78	-14,66
Pará	-4,06	-2,58
Mato Grosso	-1,24	-1,62
Amazonas	-2,22	-1,82
Rondônia	-5,33	-4,63
Maranhão	+0,66	+7,44
Amapá	-3,32	-1,70
Roraima	-4,48	-1,91
Tocantins	-0,07	-0,54

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados do cenário REF

Os resultados regionais e setoriais detalhados na Tabela A13 refletem a variabilidade das estruturas produtivas de cada região, assim como a dinâmica dos choques (variações do uso do solo e produtividade de fatores) de cada cenário. No cenário REF, ocorre aumento das áreas de pastagem e lavoura, acompanhadas de perdas de produtividade na terra e no uso de fertilizantes decorrentes do desmatamento. Sendo assim, as maiores variações tendem a ocorrer em setores relacionados à agropecuária e à indústria de alimentos. No que tange às diferenças nos choques de produtividade, o Acre, por exemplo, apresenta as maiores perdas tanto na produtividade da terra quanto no uso de fertilizantes, resultando em taxas de crescimento abaixo da média em todos os setores. No outro extremo, o Maranhão é beneficiado com ganhos de produtividade, impulsionando diretamente seus setores agrícolas e, indiretamente, os demais setores, que crescem acima da média em relação aos demais estados.

Denominou-se como AML o conjunto dos nove estados destacados neste estudo: Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

Tabela A13 | Variação acumulada do nível de atividade setorial no cenário REF, no período 2020-2050 (em %)

Setores / Regiões	Acre	Amazonas	Amapá	Maranhão	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima	Tocantins	AML
1. Arroz	66,0	109,0	112,4	140,4	92,3	101,6	85,7	94,5	100,1	103,0
2. Trigo e cereais	75,2	109,8	107,1	126,6	101,2	103,6	95,8	105,5	109,5	106,4
3. Milho em grão	82,7	151,5	138,4	148,9	117,0	125,1	110,5	129,4	126,5	119,9
4. Algodão	85,4	132,2	129,2	148,4	124,0	125,8	118,6	127,4	132,9	124,0
5. Cana-de-açúcar	11,5	111,0	120,4	137,4	109,7	125,5	99,1	123,5	118,6	113,9
6. Soja em grão	78,6	118,8	113,5	134,3	109,6	111,6	102,7	112,6	118,3	111,5
7. Mandioca	105,4	136,2	133,3	146,4	113,9	130,2	117,6	125,2	125,1	130,8
8. Fumo em folha	42,3	47,6	47,4	71,5	43,1	43,5	36,4	40,7	48,4	44,4
9. Frutas cítricas	49,5	84,1	86,7	87,3	75,6	81,5	74,1	79,8	79,3	80,7
10. Feijão em grão	47,0	89,5	79,8	105,7	72,9	78,6	71,5	76,2	81,6	80,0
11. Outros da lavoura temporária	-3,4	64,6	62,0	99,0	79,6	57,6	50,0	67,8	73,0	68,1
12. Laranja	35,4	104,4	100,7	125,5	95,3	98,6	87,0	100,6	107,0	99,3
13. Café em grão	56,7	119,8	107,0	129,9	125,3	109,3	110,4	105,8	111,3	111,3
14. Outros da lavoura permanente	38,9	100,9	108,9	112,3	89,9	114,2	102,2	101,7	94,9	110,1
15. Bovinos	104,8	119,3	141,2	129,5	112,4	129,9	122,1	131,8	146,3	122,2
16. Outros animais	89,6	112,9	119,7	130,8	104,8	116,5	110,6	125,4	124,0	118,7
17. Leite de vaca	97,7	107,6	114,8	109,6	106,4	122,2	122,8	113,2	133,7	116,8
18. Leite de outros animais	25,0	50,3	56,0	62,1	43,1	52,6	44,4	48,1	49,6	52,7
19. Suínos	101,9	116,8	133,1	128,5	113,9	128,5	117,5	127,8	138,6	117,5
20. Aves	71,0	85,4	88,4	93,3	97,6	78,3	83,9	89,6	94,9	87,2
21. Ovos	74,9	83,2	85,7	104,4	97,8	87,4	86,2	89,0	98,4	91,1
22. Silvicultura	79,1	90,4	82,9	98,6	99,1	75,3	72,0	75,2	81,0	86,5
23. Extração vegetal	72,2	88,2	87,3	94,4	74,7	87,5	77,3	93,1	75,4	85,7
24. Pesca e aquicultura	81,9	83,4	83,7	84,5	82,6	82,8	82,0	83,1	83,9	83,0
25. Indústria extrativa	89,3	87,7	98,7	92,8	98,1	84,0	92,2	91,9	100,1	85,5
26. Carne bovina e outros	112,8	113,1	122,6	104,1	112,5	108,5	119,5	115,6	114,4	113,1
27. Carne suína	113,0	114,0	115,7	110,8	108,9	115,5	114,0	117,7	111,7	109,3
28. Carne de aves	153,2	160,9	186,2	173,2	141,4	169,3	149,3	170,9	147,6	144,7
29. Pesca industrial	108,9	107,5	109,1	110,5	106,2	106,1	107,5	112,7	111,4	106,8
30. Leite resfriado e pasteurizado	105,7	108,1	112,6	104,9	102,5	112,3	111,2	111,5	107,4	107,2
31. Outros laticínios	94,8	91,5	99,0	94,5	91,3	96,9	93,7	97,4	94,7	93,7
32. Rações para animais	123,6	111,2	123,0	115,2	111,4	120,4	120,2	119,5	119,5	114,7
33. Alimentos e bebidas	97,4	95,0	93,2	89,2	96,9	103,5	98,1	113,4	100,2	98,2
34. Vestuário e têxteis	124,0	107,6	119,8	118,8	105,6	112,8	118,8	121,7	117,6	110,6
35. Calçados em couro	97,2	89,8	91,1	94,4	96,0	89,2	95,9	93,3	94,3	94,0
36. Produtos madeiros	99,1	99,0	78,9	88,0	91,6	94,4	95,7	98,0	93,5	93,4
37. Celulose	135,7	131,7	136,1	131,2	126,7	134,7	132,3	135,7	130,8	132,5
38. Indústrias diversas	126,1	103,3	123,2	99,4	120,5	100,9	122,5	126,6	125,8	106,3
39. Etanol e biocombustíveis	142,9	142,6	151,6	154,7	138,8	151,0	144,5	131,2	146,4	143,0
40. Produtos químicos inorgânicos	105,4	98,1	102,1	108,7	111,4	91,9	106,8	106,1	110,0	106,5
41. Adubo e fertilizantes	119,7	120,1	121,1	119,2	115,6	118,7	119,5	120,5	115,5	116,0
42. Defensivos agrícolas	135,3	129,8	134,2	128,0	124,8	132,4	130,7	132,9	127,9	125,7
43. Eletrônicos	123,4	104,2	116,6	119,2	117,4	118,1	120,6	118,0	112,6	104,7
44. Máquinas e equipamentos	112,3	81,7	100,3	108,3	109,4	106,7	104,8	113,4	113,8	86,5
45. Serviços	93,6	98,4	92,0	98,2	108,3	96,7	102,0	91,9	103,0	99,7
46. Eletricidade, gás e outros	84,4	84,7	83,7	94,5	93,0	89,0	88,1	83,6	91,2	89,0
47. Construção civil	97,5	102,1	96,6	104,9	113,5	96,4	105,2	100,1	106,6	102,7
48. Comércio atacado e varejo	91,1	95,0	88,7	91,4	104,1	92,2	99,8	95,2	100,7	96,6
49. Transporte de carga	102,0	105,3	101,3	108,9	110,3	104,9	107,5	104,2	109,7	107,8
50. Transporte outros	97,3	102,8	97,0	108,2	111,3	101,7	103,7	98,9	106,3	104,3
51. Instituições financeiras e seguros	87,3	88,8	86,9	87,8	99,0	89,7	93,2	88,6	95,7	91,8
52. Setor público	84,4	89,1	85,8	93,8	100,8	88,5	92,2	84,5	95,2	91,8

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

e) Cenário Sustentação Florestal (SFL)

No cenário SFL, considera-se um aumento mais expressivo de áreas de culturas com diminuição de áreas de pastagens ao longo do período analisado e redução de florestas plantadas na região Norte até o ano de 2030. Após 2030 não há desmatamento. Nesse cenário, também se consideram perdas de produtividade da terra e no uso de fertilizantes em razão do desmatamento. As variações de produtividade aplicadas foram similares às do cenário REF, assim como foi mantida a mudança no fechamento (determinação das variáveis endógenas e exógenas). As mudanças de produtividade da terra e no uso de fertilizantes são detalhadas na Tabela A14.

Tabela A14 | Mudanças na produtividade da terra e no uso de fertilizantes no cenário SFL

Estado	Variação % por quinquênio	
	Produtividade da terra	Produtividade no uso de fertilizantes
Acre	-4,29	-0,91
Amapá	-1,63	-0,31
Amazonas	-3,05	-0,55
Maranhão	-1,06	-0,39
Mato Grosso	-1,33	-0,33
Pará	-1,79	-0,40
Rondônia	-2,54	-0,73
Roraima	-1,56	-0,40
Tocantins	0,02	-0,03

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados do cenário SFL

Novamente, as atividades da agropecuária demonstram ser mais dinâmicas em relação aos demais setores como consequência direta da expansão das áreas de lavoura e pastagem. Essa expansão é contrabalanceada pela perda de produtividade do solo e dos fertilizantes. A Tabela A15 mostra a realocação de atividades de serviços para agropecuária e indústria (principalmente setores relacionados à agropecuária, como a produção de alimentos), que exibem maiores ganhos relativos na agricultura no Mato Grosso (cuja especialização produtiva está ligada às atividades relativamente beneficiadas no cenário) e no Tocantins (onde as variações na produtividade são próximas de zero).

Ademais, a Tabela A15 expõe padrão similar à simulação anterior, na maioria dos casos, com expansão dos setores primários e secundários e redução das atividades de serviços. O Mato Grosso novamente se destaca por maiores ganhos na agricultura, relacionados às suas especialidades produtivas e à perda relativamente menor da produtividade comparada à dos demais estados.



Foto: Sputnik360/Shutterstock.

Tabela A15 | Variação acumulada do nível de atividade setorial no cenário SFL, no período 2020-2050 (em %)

Setores / Regiões	Acre	Amazonas	Amapá	Maranhão	Mato Grosso	Pará	Rondônia	Roraima	Tocantins	AML
1. Arroz	119,7	115,0	121,5	111,5	94,7	114,0	101,9	105,4	104,0	103,1
2. Trigo e cereais	110,8	114,7	116,2	108,2	103,4	115,0	111,0	116,1	113,4	110,6
3. Milho em grão	138,7	158,9	149,7	127,4	118,5	139,2	127,3	142,1	130,7	120,6
4. Algodão	222,8	136,4	137,6	129,2	125,5	136,5	133,4	137,4	136,0	125,5
5. Cana-de-açúcar	125,6	117,5	133,0	115,8	112,5	148,8	122,7	139,4	122,9	114,7
6. Soja em grão	119,2	123,6	122,9	115,0	111,4	123,5	118,5	123,7	122,0	112,8
7. Mandioca	137,1	138,3	140,6	126,0	113,1	140,0	129,9	133,6	126,1	136,0
8. Fumo em folha	60,7	51,9	53,1	49,1	46,7	51,8	50,1	48,6	50,7	56,8
9. Frutas cítricas	83,4	87,9	92,6	77,8	77,2	87,6	87,2	83,4	80,4	86,1
10. Feijão em grão	91,0	96,0	90,4	83,7	74,2	93,8	91,8	86,6	85,7	80,2
11. Outros da lavoura temporária	69,1	70,7	69,8	75,5	81,5	67,9	67,4	79,7	75,3	72,8
12. Laranja	107,8	111,0	112,7	106,5	100,2	114,4	108,1	112,9	111,2	112,2
13. Café em grão	138,5	126,6	116,8	108,4	131,3	124,2	143,1	117,4	115,3	141,4
14. Outros da lavoura permanente	99,7	100,9	108,9	99,6	96,5	114,2	102,2	101,7	96,9	109,9
15. Bovinos	109,5	108,2	121,3	114,8	114,9	116,7	113,8	117,4	121,6	115,5
16. Outros animais	109,6	108,4	113,0	112,9	107,3	113,2	110,7	120,7	113,6	112,1
17. Leite de vaca	95,6	93,3	99,3	94,6	107,8	105,9	107,9	99,3	107,6	105,4
18. Leite de outros animais	47,1	48,9	54,2	48,2	45,9	52,8	48,2	48,4	46,8	51,5
19. Suínos	107,0	104,1	116,0	111,1	114,2	114,3	109,8	114,7	117,1	113,5
20. Aves	87,8	85,1	91,8	79,8	98,7	83,8	93,3	95,0	94,9	89,3
21. Ovos	92,4	82,9	88,5	89,3	98,9	93,9	95,7	96,1	98,3	93,6
22. Silvicultura	78,3	90,1	85,8	95,6	97,8	79,5	78,1	80,9	81,1	87,7
23. Extração vegetal	78,5	88,2	87,3	89,1	74,6	87,5	77,3	93,1	75,8	85,2
24. Pesca e aquicultura	83,0	83,1	84,4	83,1	82,6	83,7	83,2	84,2	83,9	83,3
25. Indústria extrativa	89,0	87,7	98,7	93,0	98,1	84,0	92,1	91,9	100,0	85,5
26. Carne bovina e outros	112,5	111,4	121,5	102,0	112,1	106,9	118,0	114,0	112,2	112,1
27. Carne suína	112,7	112,0	114,4	108,7	108,5	113,2	112,4	115,7	109,2	108,8
28. Carne de aves	152,0	158,4	184,2	170,5	140,7	166,3	147,3	168,3	144,8	143,6
29. Pesca industrial	108,0	105,6	108,0	108,0	106,0	104,7	105,7	110,6	108,7	105,5
30. Leite resfriado pasteurizado	105,4	106,7	111,7	103,4	102,3	110,6	110,0	110,1	105,6	106,3
31. Outros laticínios	94,9	90,2	98,2	92,5	91,3	95,4	92,9	96,1	92,8	92,9
32. Rações para animais	121,4	109,4	121,2	113,1	111,1	118,3	118,7	117,8	116,2	113,6
33. Alimentos e bebidas	97,5	95,0	93,3	89,0	96,9	103,6	98,6	113,6	100,6	98,3
34. Vestuário e têxteis	123,2	108,0	119,9	119,0	106,1	113,6	119,2	121,7	117,8	111,1
35. Calçados em couro	96,8	89,9	91,1	94,3	96,3	89,1	96,2	93,3	94,4	94,2
36. Produtos madeireiros	98,7	99,0	78,8	88,3	91,3	94,4	95,6	97,9	93,4	93,3
37. Celulose	135,0	131,6	136,1	131,5	126,5	134,7	132,2	135,6	131,0	132,7
38. Indústrias diversas	126,1	103,2	123,1	99,2	120,4	100,8	122,5	126,6	125,6	106,2
39. Etanol e biocombustíveis	143,9	142,7	151,6	152,6	139,0	151,2	145,4	131,5	146,6	142,9
40. Produtos químicos inorgânicos	109,0	98,2	102,3	106,8	110,9	92,3	107,6	106,2	109,7	105,9
41. Adubo e fertilizantes	120,2	117,5	119,4	115,7	113,3	118,5	117,3	118,3	114,6	113,8
42. Defensivos agrícolas	133,8	129,0	133,6	127,7	123,8	131,7	129,9	132,1	127,5	124,8
43. Eletrônicos	123,1	104,2	116,6	119,1	117,8	118,1	120,9	118,0	112,7	104,7
44. Máquinas e equipamentos	112,1	81,8	100,4	108,0	109,7	106,7	105,2	113,4	113,8	86,5
45. Serviços	95,8	98,5	92,1	97,0	109,0	97,0	102,5	92,1	102,8	99,8
46. Eletricidade, gás e outros	85,1	84,7	83,6	93,7	93,0	88,9	88,1	83,6	90,6	88,9
47. Construção civil	99,6	102,3	96,7	103,6	115,2	96,6	105,9	100,5	106,6	102,9
48. Comércio atacadado e varejo	93,4	95,0	88,6	90,4	104,2	92,2	99,7	95,4	99,9	96,5
49. Transporte de carga	103,6	105,3	101,3	108,4	110,3	105,0	107,5	104,5	109,2	107,7
50. Transporte outros	99,3	103,0	97,0	107,1	112,1	101,9	104,3	99,1	106,1	104,5
51. Instituições financeiras e seguros	88,9	88,8	86,9	87,0	99,1	89,8	93,5	88,7	95,4	91,8
52. Setor público	86,7	89,3	85,9	92,5	101,7	88,7	93,0	84,7	94,9	92,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

f) Cenário de transição para a Nova Economia da Amazônia (NEA)

Por fim, o cenário NEA considera uma redução das áreas de lavoura e pastagem e um aumento das áreas de floresta, com ganhos de produtividade da terra e no uso de fertilizantes devido ao reflorestamento. Além disso, foram consideradas mudanças na infraestrutura de energia e a expansão dos produtos da bioeconomia, tais como, açaí fruto, cacau, castanha-do-pará, açaí palmito, cupuaçu, borracha, urucum, buriti, copaíba, andiroba, pupunha e mel. A Tabela A16 apresenta o cenário de mudança no uso da terra e a Tabela A17 os choques de produtividade no uso da terra e no uso de fertilizantes.

Tabela A16 | Mudanças na produtividade da terra e no uso de fertilizantes no cenário NEA

Estado	Variação % por quinquênio	
	Produtividade da terra	Produtividade no uso de fertilizantes
Acre	0,14	0,08
Amapá	0,65	0,26
Amazonas	0,67	0,08
Maranhão	1,47	0,73
Mato Grosso	4,21	1,59
Pará	0,42	0,24
Rondônia	0,43	0,08
Roraima	1,25	0,88
Tocantins	1,58	2,38

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Desse modo, além das mesmas modificações e choques promovidos nos cenários anteriores, no NEA foi necessária uma mudança adicional no ambiente de simulação. Como o NEA considera a expansão de produtos da bioeconomia na Amazônia, alinhada às projeções da UFPA, substituiu-se a variável tecnológica dos setores da bioeconomia (outros de lavoura permanente e extração vegetal), naturalmente

exógena, pela variável que representa o nível de atividade setorial da bioeconomia, naturalmente endógena. Com essa substituição, o nível de atividade passa a ser exógeno no modelo, permitindo projetar a trajetória de expansão dos setores de bioeconomia de 2021 a 2050. As projeções para os produtos da bioeconomia, elaboradas pela equipe do NAEA-UFPA, foram adaptadas para taxas quinquenais e compatibilizadas aos setores do modelo REGIA-NEA a partir das participações de cada produto no VBP do estado, conforme reportado na Tabela A19.

Os choques do cenário NEA foram, assim, ponderados pelos produtos nos setores do modelo para cada estado e mensurados em relação ao cenário REF do modelo REGIA-NEA. Além dos ganhos de produtividade considerados nos cenários anteriores, no NEA também foi considerado ganho de produtividade devido aos investimentos em infraestrutura sustentável de acordo com estimativas obtidas pelo Laboratório Cenergia (Coppe-UFRJ), em linha com os pressupostos de uma nova infraestrutura que incorpore novas oportunidades para a geração, armazenamento e uso de energia na região. Nesse caso, choques adicionais foram realizados para o uso de insumos de energia devido às mudanças em coeficientes técnicos estimados, ou seja, para cada região o aumento da produtividade reduz a necessidade de insumos energéticos para setores selecionados⁴ no período de projeção. As variações são bastante heterogêneas entre as regiões e entre os setores, conforme pode-se observar pelas tabelas que seguem. A Tabela A18 mostra as mudanças técnicas no uso de energia nos setores selecionados (os mais relevantes) para os estados da Amazônia.

Foram ainda consideradas mudanças técnicas também no uso de insumos do setor, incluindo etanol e demais biocombustíveis, conforme mostram as tabelas A19 e A20. Resultados do cenário de transição para a Nova Economia da Amazônia

Tabela A17 | Valor Bruto da Produção rural dos produtos da bioeconomia por estado, em 2020 (em mil R\$)

Produtos da bioeconomia	AC	AP	AM	MA	MT	PA	RO	RR	TO
Açaí fruta	4.386	68.287	74.146	14.016	238	1.494.345	7.327	2.399	237
Cacau	231	22	1.738	0	681	874.821	11.615	1.232	94
Castanha-do-pará	11.074	10.435	44.180	0	78.527	16.927	8.049	17.698	0
Babaçu	0	0	0	72.393	0	0	0	0	3.510
Cupuaçu	861	2.396	22.189	154	3.105	16.205	3.548	3.919	1.064
Pupunha	289	1.146	8.794	1.146	726	8.735	1.511	4.180	1.146
Mel	267	396	1.164	7.156	7.156	5.595	2.192	1.681	1.109
Borracha	5.041	162	341	1.233	3.876	2.395	223	5.041	8.161
Buriti	1	519	126	8.246	8.246	7.401	0	519	135
Açaí palmito	37	54	25	196	2.851	9.361	92	37	0
Urucum	24	0	116	90	1.125	2.394	3.299	24	0
Copaíba	4	0	3.298	0	192	431	261	4	1
Andiroba	2	730	938	28	28	774	0	2	730
Total	22.217	84.147	157.055	104.658	106.751	2.439.384	38.117	36.736	16.187

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir IBGE (2021b).

Tabela A18 | Mudanças técnicas no coeficiente de uso energético na produção

AML	Variação % por quinquênio					
	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Acre	0,53	1,24	2,39	3,71	6,42	11,66
Amapá	0,03	0,08	0,15	0,30	0,44	1,13
Amazonas	0,23	1,02	2,63	6,90	12,57	31,20
Maranhão	0,02	0,19	0,60	1,57	3,35	5,83
Mato Grosso	-0,01	0,13	1,22	2,66	4,54	6,92
Pará	-0,02	0,29	1,04	2,90	5,85	13,38
Rondônia	0,09	1,25	3,26	9,36	16,39	39,11
Roraima	0,21	0,39	0,71	0,95	1,25	3,08
Tocantins	-0,01	0,10	0,83	1,77	2,98	4,54

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A19 | Mudanças técnicas no coeficiente de energéticos fósseis pelo setor de transportes

AML	Variação % por quinquênio					
	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Acre	-12,57	-23,47	-37,44	-58,40	-85,67	0
Amapá	-12,41	-23,40	-36,58	-52,17	-80,49	0
Amazonas	-11,52	-22,28	-35,60	-56,93	-82,39	0
Maranhão	-10,60	-20,17	-36,69	-51,04	-85,72	0
Mato Grosso	-6,36	-12,62	-25,47	-41,65	-86,10	0
Pará	-5,97	-15,80	-28,88	-46,33	-84,05	0
Rondônia	-5,64	-11,31	-23,30	-39,37	-81,42	0
Roraima	-13,92	-25,68	-40,15	-60,51	-90,04	0
Tocantins	-5,04	-9,56	-21,60	-36,72	-84,07	0

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A20 | Mudanças técnicas no uso de insumos de etanol e biocombustíveis pelo setor de transportes

AML	Variação % por quinquênio					
	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Acre	-31,08	-52,38	-54,53	-35,05	-0,82	-7,80
Amapá	-31,11	-52,28	-54,77	-51,78	-6,49	9,23
Amazonas	-31,52	-53,21	-52,42	-26,47	16,03	12,82
Maranhão	-30,32	-50,92	-49,37	-40,96	16,95	8,92
Mato Grosso	-28,20	-46,81	-31,01	-18,13	105,75	87,24
Pará	-29,67	-49,59	-39,32	-22,94	68,45	59,10
Rondônia	-28,76	-47,88	-22,81	-0,95	142,20	124,66
Roraima	-31,10	-52,40	-55,30	-40,9	-0,87	18,40
Tocantins	-27,05	-44,45	-19,81	-2,83	166,46	155,79

Nota: Resultados do estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados do cenário de transição para a Nova Economia da Amazônia

Em termos agregados, o cenário NEA produz os melhores resultados quanto ao nível de atividade e geração de empregos. Setorialmente, como mostra a Tabela A21, ocorre uma realocação produtiva em direção aos produtos relacionados à bioeconomia, com ganhos expressivos nos setores de outros produtos

da lavoura permanente e extração vegetal. Em termos regionais, ganham destaque os avanços da bioeconomia no Pará, Rondônia e Amapá. A Tabela A24 mostra o potencial de mudanças estruturais em direção a uma trajetória que incorpora os produtos da bioeconomia, com mudanças percentuais mais acentuadas nas participações setoriais. Ganham destaque o aumento em 2,4% na pecuária em Rondônia e 2,3% na bioeconomia do Pará.

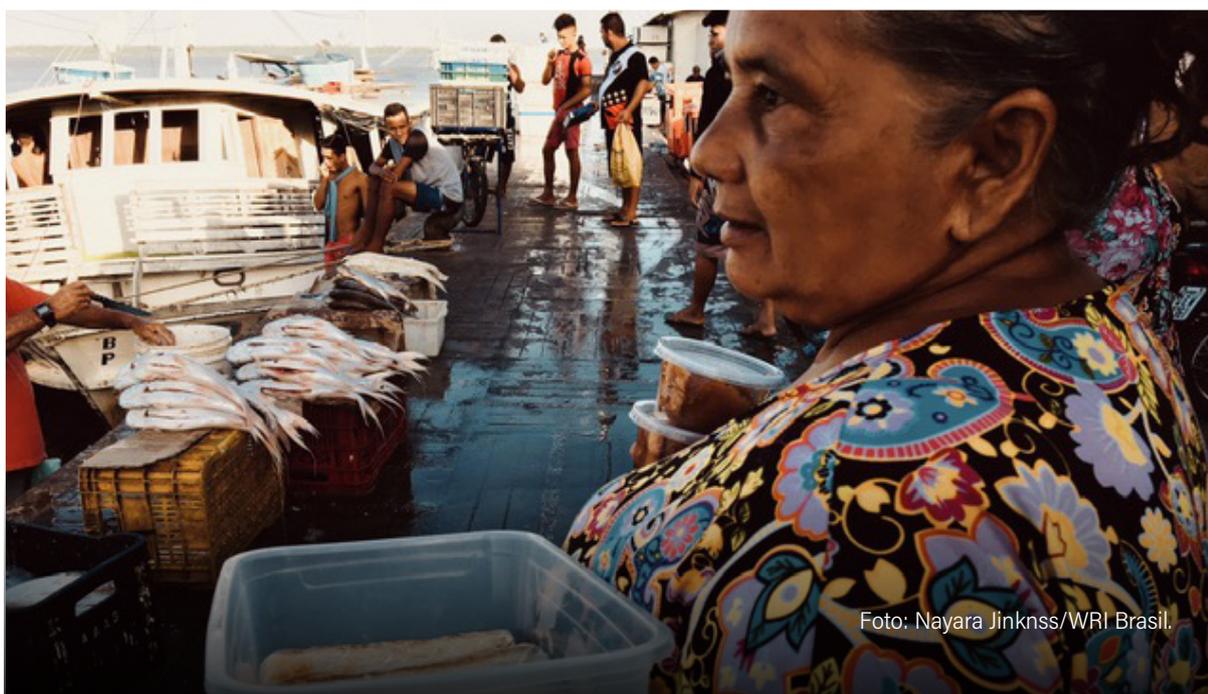


Foto: Nayara Jinkns/WRI Brasil.

Tabela A21 | Variação acumulada do nível de atividade setorial no cenário NEA, no período 2022-2050 (em %)

Setores / Regiões	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	AML
1. Arroz	112,6	103,5	115,7	115,5	103,4	99,6	85,1	94,7	94,8	99,8
2. Trigo e cereais	98,7	100,2	103,5	113,0	110,7	97,6	92,5	105,2	103,0	103,5
3. Milho em grão	125,5	142,6	135,1	132,6	128,2	116,0	106,6	127,1	115,5	127,0
4. Algodão	218,9	120,1	122,7	131,9	131,7	118,0	115,6	124,1	124,7	131,7
5. Cana-de-açúcar	127,4	104,0	126,6	121,6	121,4	142,1	104,8	142,0	112,6	119,9
6. Soja em grão	105,9	107,6	107,9	119,7	120,1	104,8	101,3	110,6	110,9	118,6
7. Mandioca	126,2	125,0	130,0	135,9	124,1	123,0	113,6	125,7	118,5	125,1
8. Fumo em folha	59,6	46,8	51,3	51,6	50,6	46,7	40,7	48,6	51,8	55,7
9. Frutas cítricas	81,6	84,6	91,8	78,8	78,7	84,3	80,7	83,0	80,5	83,5
10. Feijão em grão	74,6	75,9	74,2	90,3	80,3	70,9	70,5	74,5	74,2	79,9
11. Outros da lavoura temporária	67,1	65,6	69,6	80,0	90,5	64,9	59,4	77,5	73,9	71,9
12. Laranja	102,9	100,4	111,9	112,1	107,0	102,4	87,4	111,9	99,1	102,3
13. Café em grão	123,1	109,3	103,3	114,1	150,9	105,0	121,0	105,9	106,0	124,6
14. Outros da lavoura permanente	71,0	102,7	154,2	82,1	74,6	298,7	139,9	102,7	76,0	233,5
15. Bovinos	154,2	75,0	85,0	111,6	118,9	80,8	239,3	84,7	152,5	133,7
16. Outros animais	90,4	88,0	100,0	112,1	106,8	94,4	70,2	109,2	92,9	99,7
17. Leite de vaca	65,2	70,8	74,7	100,3	122,8	73,6	60,9	77,2	67,0	83,0
18. Leite de outros animais	39,0	39,2	52,5	52,1	49,5	44,8	26,0	47,7	40,6	44,4
19. Suínos	74,3	76,9	89,3	113,1	124,4	81,6	62,4	91,5	81,7	112,4
20. Aves	86,6	78,1	95,2	79,9	101,9	79,7	75,9	96,9	92,8	87,7
21. Ovos	93,8	76,7	90,3	89,7	103,4	89,9	78,0	99,3	97,3	91,6
22. Silvicultura	114,1	100,1	114,0	109,2	120,6	114,0	119,3	119,8	125,6	115,1
23. Extração vegetal	65,9	89,9	127,9	62,7	65,3	249,0	110,3	94,1	68,3	169,1
24. Pesca e aquicultura	84,4	84,0	86,0	84,0	83,8	84,6	82,7	85,4	84,4	84,0
25. Indústria extrativa	88,4	87,0	98,7	91,6	95,6	82,7	87,2	91,8	97,3	84,2
26. Carne bovina e outros	115,0	108,5	123,8	102,9	108,3	101,0	111,7	114,2	109,4	107,7
27. Carne suína	114,1	106,6	115,0	107,2	103,4	103,6	104,7	113,3	104,5	103,7
28. Carne de aves	152,4	152,0	184,6	167,9	135,0	155,3	139,3	165,2	139,9	137,6
29. Pesca industrial	109,5	101,1	109,3	106,6	101,9	99,9	99,1	108,6	104,3	101,7
30. Leite resfriado e pasteurizado	106,0	101,8	111,8	101,6	96,5	102,0	101,0	107,8	100,2	100,1
31. Outros laticínios	96,3	86,2	99,5	91,5	86,8	88,0	87,1	94,9	89,0	87,6
32. Rações para animais	119,9	104,6	120,7	110,4	105,5	109,4	102,2	114,9	105,5	105,8
33. Alimentos e bebidas	95,7	93,1	94,3	88,2	91,1	99,3	85,7	112,9	93,9	93,8
34. Vestuário e têxteis	121,9	103,1	121,6	117,5	101,4	109,1	109,7	121,9	114,6	106,5
35. Calçados em couro	95,5	87,8	92,2	93,2	93,3	86,5	88,9	93,1	91,5	90,9
36. Produtos madeiros	97,0	95,7	81,3	86,8	86,8	92,5	81,4	98,9	89,7	88,6
37. Celulose	131,5	127,0	136,9	129,5	121,3	131,1	119,5	134,9	126,2	130,1
38. Indústrias diversas	119,6	95,9	120,9	93,0	110,2	93,6	107,5	122,3	117,3	98,4
39. Etanol e biocombustíveis	143,5	141,3	152,9	152,2	135,5	149,1	135,8	131,6	141,9	139,7
40. Produtos químicos inorgânicos	105,6	92,4	101,9	104,6	108,2	87,4	95,6	105,1	103,6	102,7
41. Adubo e fertilizantes	113,5	109,5	116,0	110,4	106,5	111,2	101,6	113,9	108,0	106,6
42. Defensivos agrícolas	130,3	125,3	132,1	124,0	119,9	127,0	118,9	129,6	122,6	120,8
43. Eletrônicos	124,6	104,2	118,9	119,3	116,8	118,1	116,2	119,1	111,0	104,7
44. Máquinas e equipamentos	111,7	80,1	102,5	107,9	107,8	106,0	101,2	113,6	111,7	84,9
45. Serviços	98,7	98,9	93,5	97,8	109,7	98,7	107,6	93,0	104,0	101,3
46. Eletricidade, gás e outros	90,5	98,1	87,6	105,4	108,6	100,0	101,0	86,1	99,5	100,3
47. Construção civil	103,0	103,9	98,6	105,0	117,6	98,6	112,3	102,1	108,7	105,2
48. Comércio atacado e varejo	94,5	93,1	89,8	90,0	102,9	94,9	100,2	94,8	99,0	96,6
49. Transporte de carga	103,4	105,4	100,0	106,9	105,4	99,5	95,3	104,5	98,0	103,6
50. Transporte outros	108,4	116,6	100,4	110,8	113,4	104,1	106,1	108,2	106,6	109,9
51. Instituições financeiras e seguros	91,3	89,4	87,8	87,7	100,3	91,2	98,5	89,3	96,5	93,2
52. Setor público	89,5	89,4	87,3	93,1	101,5	90,2	96,6	85,6	95,9	93,1

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

g) Modelo InVEST

As análises utilizando o InVEST (Natural Capital Project, 2021) foram *Carbon Storage*, *Water Yield*, *Sediment Retention* e *Nutrient Delivery Ratio*. Mais informações podem ser encontradas no guia do usuário do InVEST⁵.

O InVEST *Carbon Storage* (Armazenamento de Carbono) permite estimar a quantidade de carbono armazenada em determinada paisagem usando estoques de carbono em quatro reservatórios (biomassa acima do solo, biomassa abaixo do solo, solo e matéria orgânica morta).

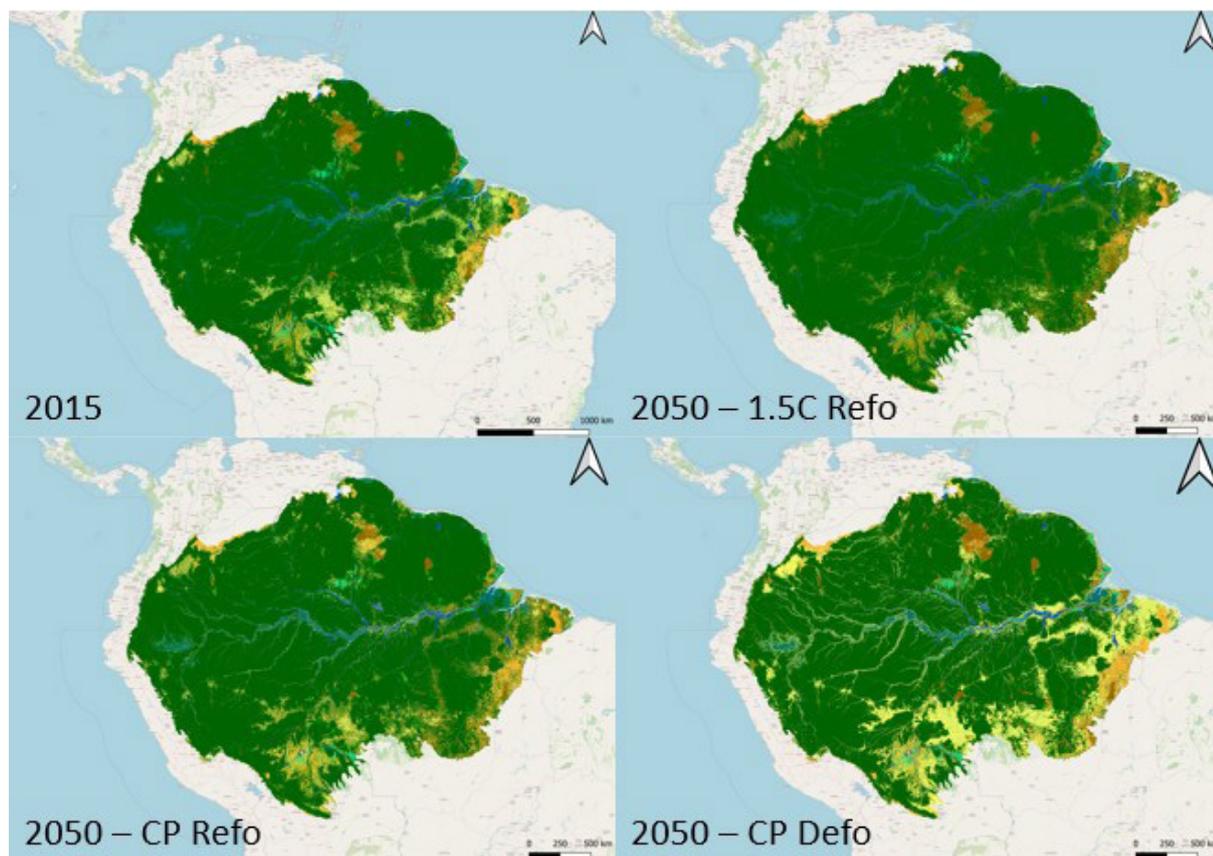
O InVEST *Water Yield* (Disponibilidade de Água) permite estimar as contribuições da água de diferentes áreas de uma paisagem, possibilitando entender como as mudanças no uso da terra podem afetar a disponibilidade anual de água superficial. O modelo não considera as interações entre as águas superficiais e subterrâneas nem as interações temporais de abastecimento de água.

O InVEST *Sediment Retention* (Retenção de Sedimentos) utiliza informações de geomorfologia, clima, cobertura vegetal e práticas de manejo para estimar a exportação de sedimentos, ou seja, a quantidade de sedimentos erodidos de cada pixel que chega ao córrego.

O InVEST *Nutrient Delivery Ratio* (também chamado de modelo de Purificação de Água) usa uma abordagem simples de balanço de massa para estimar fontes de nutrientes (nitrogênio e fósforo) de bacias hidrográficas e seu transporte para o córrego com base no uso da terra e taxas de carregamento associadas.

Os modelos InVEST usados nesta avaliação requerem diferentes dados de entrada, sendo o ponto comum entre eles os mapas de uso do solo da área estudada. Os mapas que seguem mostram a paisagem em 2015 e em 2050 para os três diferentes cenários futuros (Figura A6). Esses mapas foram usados como entrada para os modelos InVEST já mencionados. Dessa forma, foi possível comparar os resultados dos cenários para os serviços ecossistêmicos analisados.

Figura A6 | Mapas de uso do solo utilizados na análise espacial do projeto NEA



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

BIOECONOMIA

BIOECONOMIA

3.1 Matrizes de Insumo-Produto (MIPs-Contas Sociais Alfa) da bioeconomia na Amazônia Legal

a) Introdução

Com o intuito de subsidiar os componentes de bioeconomia bioecológica, ou da economia da bioeconomia da NEA nos exercícios de modelagem, encaminha-se aqui o arquivo Excel *MatrizSociobio_AMLegal* contendo:

1) Planilha *Amazônia Legal* com a Matriz de Insumo-Produto de Contas Alfa (MIP-Alfa) da bioeconomia da AML, incluindo:

- a) Tabela com o Valor Adicionado-Alfa dos 13 produtos considerados na MIP-Alfa pelos estados da AML
- b) Tabela com o VBP rural dos 13 produtos considerados na MIP-Alfa pelos estados da AML

2) Planilha *Acre* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

3) Planilha *Amapá* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

4) Planilha *Amazonas* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

5) Planilha *Maranhão* com a MIP-Alfa da economia da bioeconomia desse estado

6) Planilha *Mato Grosso* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

7) Planilha *Pará* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

8) Planilha *Rondônia* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

9) Planilha *Roraima* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

10) Planilha *Tocantins* com a MIP-Alfa da bioeconomia desse estado

b) Esclarecimentos metodológicos

Aplicou-se a Metodologia das Contas Sociais Alfa descrita em Costa et al. (2021). Para este exercício, procedeu-se da seguinte maneira:

Parâmetros de fluxo de quantidade e formação de preço

1) Para os produtos acompanhados pelo IBGE, partiu-se das matrizes de quantidade e valor dos produtos para o total do estado do Pará. Quando possível, essas matrizes foram calibradas a fim de incorporar especificidades dos diferentes estados. Isso foi feito para os seguintes produtos e estados:

a) Açaí, castanha-do-pará, cupuaçu, pupunha, copaíba, andiroba e mel, no Amapá (Chelala et al., 2015).

b) Castanha-do-pará para Acre, Amazonas e Rondônia a partir dos dados de exportação por tipo de castanha (com ou sem casca) e por estado de origem: dados obtidos na base <http://comexstat.mdic.gov.br>.

c) Cacau do Pará em função dos dados de exportação in natura e processado: dados obtidos na base <http://comexstat.mdic.gov.br>.

d) Açaí e Buriti para o Maranhão (Viana et al., 2016).

2) Para o babaçu, produto importante no Maranhão, sobre o qual não se dispunha de parâmetros, elaboraram-se matrizes de quantidade e preço a partir do trabalho de Porro (2019), para os circuitos dos diferentes subprodutos do babaçu a partir dos produtores até comerciantes e indústrias, e, a partir daí, com resultados de Amaral (1989) e Souza (2021).

A obtenção dos valores de inputs da produção dos setores alfa e beta da economia local

Compõem a tabela de atributos tópicos e estruturais as informações relativas a insumos materiais e de serviços e aquelas concernentes aos investimentos de capital obtidos de outros setores para os setores originários (alfa), conforme esclarecido anteriormente. Para a produção rural, os valores foram obtidos dos censos de 1995/96 e 2006, atualizados nos períodos intercensitários com base na hipótese de que as relações técnicas se mantiveram as mesmas. Para os setores beta industriais da economia local, foi construída uma tabela especial com as informações necessárias.

Obtiveram-se valores para os seguintes tipos de insumos e serviços:

- Insumos da pecuária bovina (produção rural);
- Insumos da avicultura (produção rural);
- Insumos químicos (produção rural e industrial);
- Insumos minerais (produção rural e industrial);
- Insumos mecânicos (produção rural e industrial);
- Insumos orgânicos e alimentos (produção rural);
- Combustível (produção rural e industrial);
- Serviços gerais (produção industrial);
- Serviços da construção civil (produção rural e industrial);
- Serviços de transporte (produção rural e industrial);
- Serviços técnicos e consultoria (produção rural e industrial).

Para cada item de insumo foi reconstituído o trajeto *backward* de formação do preço e atribuição de *markup* (salários mais margem bruta) – dos setores alfa e beta locais até o setor “primeiro fornecedor”. Com isso, foram incorporados às contas os valores das transações relativas às estruturas de custo desses setores.

A obtenção do valor dos investimentos dos setores alfa e beta da economia local (Formação Bruta de Capital)

As informações relativas aos investimentos de capital dos setores alfa que compõem a tabela dos atributos tópicos e estruturais foram obtidas dos censos de 1995/96 e 2006, atualizadas entre os censos com base na hipótese de que as relações técnicas se mantiveram as mesmas. As estimativas foram feitas para:

- Máquinas e equipamentos;
- Veículos;
- Animais;
- Construção e benfeitorias;
- Plantios.

3.2 Bioeconomia indígena na Amazônia Legal: um retrato a partir da escuta ativa de seus protagonistas

Este estudo traz um esforço de levantamento amostral sobre os desafios e potencialidades da bioeconomia indígena nos nove estados da AML. Foram realizadas 42 entrevistas com indígenas originários dos estados de Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins; buscando ouvir pessoas envolvidas diretamente na miríade de atividades produtivas existentes nas terras indígenas da Amazônia, com especial atenção para contemplar a perspectiva

de lideranças, mulheres e jovens. A metodologia de coleta de dados primários se deu através da aplicação de questionários semidirigidos a partir de roteiro elaborado pelos pesquisadores do projeto.

A maioria das entrevistas (37) foi realizada na edição de 2022 do Acampamento Terra Livre, realizado anualmente em Brasília-DF e organizado pela Articulação dos Povos Indígenas do Brasil (Apib). Esse evento foi escolhido por seu potencial na condição de espaço de interlocução privilegiada e qualificada com uma ampla gama de atores locais, principalmente indígenas residentes em territórios de difícil acesso. O questionário aplicado segue na Tabela A22.

Tabela A22 | Questionário aplicado junto aos indígenas entrevistados

Nome do entrevistado	Idade
Povo indígena	Função/Profissão
Município	Estado
Terra indígena	Aldeia
E-mail	Telefone de contato
1- Na sua comunidade vocês conhecem a palavra bioeconomia ou já ouviram falar? (Versão para lideranças: Você já ouviu falar em bioeconomia? O que você entende sobre bioeconomia?)	
2- Seu território/aldeia cultiva e comercializa algum produto indígena, ou de fora, ou tem alguma outra forma de geração de renda? Se sim, quais são?	
3- Quais técnicas são usadas para o cultivo, manejo e produção dos produtos? Em que época do ano vocês produzem/coletam e para onde vendem?	
4- Como se dá a logística de escoamento, exposição e comercialização dos produtos? Quais as principais dificuldades enfrentadas em seu território/aldeia para cultivar, produzir e comercializar seus produtos?	
Perguntas complementares - Logística	
(a) Tem transporte da roça/coleta ao porto da aldeia (ou outro local de depósito do território)?	
(b) Tem transporte do território para a cidade?	
(c) O transporte é caro?	
(d) O transporte demora muito, danificando os produtos?	
Perguntas complementares - Comercialização	
(e) Tem lugar pra expor/vender na cidade?	
(f) Os produtos que vocês vendem são embalados?	
(g) É comum que os produtos sejam danificados no transporte?	
(h) Os produtos são padronizados de alguma forma?	
(i) Os produtos têm selo de vigilância?	
Perguntas Complementares - Cultivo	
(j) Como é o acesso a sementes e mudas?	
(k) Tem dificuldade em encontrar ajuda para produzir (mão de obra)?	
(l) Quais foram as mudanças observadas em relação às plantações do território nos últimos 20 anos? Teve alguma alteração nas chuvas, na floresta, que hoje atrapalham a produção?	
(m) Como é organizada a produção? Vocês a realizam coletivamente como povo, como famílias, têm cooperativas, já vendem para o governo ou diretamente para empresas?	
5- O que as instituições que apoiam a implementação da bioeconomia indígena precisam fazer para que o resultado seja eficaz e satisfatório? O que vocês precisam pra avançar (equipamentos, crédito, transporte, divulgação, melhores clientes)?	

Fonte: Elaborado pelos autores.



Foto: Greenpeace.

Também foram realizadas cinco entrevistas suplementares via telefone e chamadas de vídeo para complementar a amostra, buscando ampliar a representatividade estadual entre os entrevistados. Nessas entrevistas subsequentes, o questionário aplicado foi o mesmo.

Em contraste com a maioria dos estudos hoje existentes sobre atividades econômicas em territórios indígenas (que focam principalmente estudos de caso), esta pesquisa busca agregar a perspectiva de vários povos sobre as dificuldades, potencialidades e demandas de seus territórios, buscando identificar pontos em comum entre a ampla diversidade cultural, econômica e geográfica característicos das Terras Indígenas da Amazônia brasileira. O presente levantamento parte da premissa de que a enunciação presente no ato da interlocução no momento das entrevistas é o momento para acessar a lógica estruturante das realidades do interlocutor, conforme elabora Foucault:

“Um enunciado é sempre um acontecimento que nem a língua nem o sentido podem esgotar inteiramente. (...) está ligado, de um lado, a um gesto de escrita ou à articulação de uma palavra, mas por outro, abre para si mesmo uma existência remanescente no campo da memória, (...) é único como todo acontecimento, mas está aberto à repetição, à transformação, à reativação; finalmente, porque está ligado não apenas a situações que o provocam, e a consequências por ele ocasionadas” (Foucault, 2007)

Considera-se também que a característica híbrida (ao mesmo tempo comunicação e acontecimento, materialidade e instrumento de memória) de elementos presentes nas respostas coletadas podem ser fontes importantes para realidades ainda pouco contempladas pela mídia, por estudos científicos e pelo debate público em geral. Por isso, opta-se por trabalhar com o volume de ocorrências de assuntos nas entrevistas como *proxys* para uma avaliação inicial da relevância de determinados temas ao nível de bioma; bem como com a referência a raciocínios e enunciações trazidos pelos entrevistados em prol de permitir maior aprofundamento no significado social dos temas levantados.

AGROPECUÁRIA

АГРОПЕКУАРИА

4.1 Os conceitos de agropecuária

a) Agricultura sustentável

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (em inglês, Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) define agricultura sustentável como um sistema de produção de alimentos abrangente, composto pela produção e acesso a alimentos, baseado no manejo e conservação dos recursos naturais, que assegure as necessidades básicas das gerações presentes e futuras, além da distribuição equitativa dos benefícios sociais e econômicos da atividade. Essas diretrizes que orientam a agricultura de base sustentável devem fundamentar o objetivo principal da atividade que é promover a segurança alimentar para as necessidades humanas, isto é, a garantia de disponibilidade, acesso, utilização e regularidade da oferta de alimentos ao longo do tempo (FAO, 2014).

b) Agricultura regenerativa

A agricultura regenerativa (também conhecida como agricultura conservacionista⁶) é orientada à produção de alimentos, considerando processos de conservação do solo e manutenção dos serviços ecossistêmicos providos por recursos como a estocagem de carbono. Dessa forma, os princípios

da agricultura regenerativa são orientados tanto aos processos de produção quanto aos seus produtos (Reicosky, 2021). Aplicado aos processos, essa agricultura compreende a eliminação ou minimização de etapas de preparação do solo, como a aragem e a gradagem, a eliminação ou redução do uso de insumos externos, o uso de insumos locais, a eliminação do uso de fertilizantes e defensivos químicos e o uso de espécies de cobertura. Dentre os resultados da adoção da agricultura regenerativa estão a promoção dos serviços ecossistêmicos e a melhoria da qualidade do solo (por exemplo, estrutura, matéria orgânica e fertilidade) (Newton et al., 2020).

c) Agricultura de baixa emissão de carbono

A agricultura de baixa emissão de carbono (ABC) se refere a sistemas de produção orientados por três princípios: (1) baixa emissão de CO₂ de acordo com o uso ou com as mudanças de uso da terra, (2) alta mitigação de CO₂ por meio de sistemas de produção com melhores práticas de manejo e (3) alto potencial de sequestro de CO₂ com a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Contribuem para a conversão de sistemas convencionais de alta emissão para aqueles de baixa emissão de carbono: práticas de recuperação de pastagens degradadas, sistema de plantio direto na palha, substituição de fertilizantes nitrogenados pela fixação biológica do nitrogênio na produção de leguminosas

(por exemplo, soja e feijão) e de outras espécies (como cana-de-açúcar, milho e feijão), plantio de florestas, estímulo ao uso de tecnologias para geração de energia e compostagem a partir do tratamento dos dejetos animais (Gurgel, Costa e Serigati, 2014).

d) Agricultura resiliente

Uma agricultura resiliente pressupõe a adoção de práticas de conservação das funções do solo em sistemas produtivos diversificados. Em sistemas agrícolas, a forma de uso da terra, como o tipo de cultivo agrícola plantado, e as práticas adotadas no manejo do solo, como os procedimentos de colheita, afetam a quantidade e qualidade de matéria orgânica que é incorporada ao solo e transformada em carbono. A resiliência deriva, entre outros fatores, do aproveitamento dos serviços ecossistêmicos, como o sequestro e estoque de carbono na biomassa das plantas e solos presentes no sistema produtivo. O aumento do estoque de carbono aumenta a resiliência do sistema produtivo ao manter a qualidade e fertilidade dos solos, diminuindo sua suscetibilidade à degradação, por exemplo, por eventos climáticos adversos (World Bank, 2012).

e) Agricultura 4.0

A agricultura 4.0 engloba diferentes inovações tecnológicas para a produção agrícolas com maior eficiência. Esse novo modelo de agricultura é baseado na digitalização, automação e no uso da inteligência artificial. São exemplos dessas inovações tecnológicas o uso de sensoriamento remoto e de sensores em plantas, o rastreamento e registro de informações ao longo do processo produtivo (por exemplo, tecnologias de blockchain), a internet das coisas e o uso de tecnologias da informação para comunicação. Essas inovações são capazes de produzir um volume de dados que, uma vez processados, poderão subsidiar a tomada de decisão e o manejo dos sistemas produtivos de forma mais eficiente quanto ao uso de recursos e produtividade (Santos Valle e Kienzle, 2020).

f) Agricultura verde e resiliente ao clima

Agricultura verde e resiliente ao clima constitui um modelo para sistemas agrícolas definidos sob

parâmetros limítrofes de impactos ambientais, níveis de degradação, uso de insumos e de energia e nível de emissões de GEE. Esses parâmetros são estabelecidos segundo condições específicas locais e regionais e, se ultrapassados, podem provocar alterações no sistema agrícola que afetem sua capacidade de resiliência (Koochafkan, Altieri e Gimenez, 2012).

4.2 Políticas públicas de apoio ao agronegócio no Brasil

O **Plano ABC+** tem como objetivo o financiamento de práticas conservacionistas de uso de recursos naturais para adaptação e mitigação das emissões de GEE por atividades agropecuárias. Em adição, o **ABC Ambiental** financia a aquisição de Cota de Reserva Ambiental para compensação da Reserva Legal do imóvel rural em outros imóveis rurais.

Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) consiste em instrumento de financiamento para custeio e investimentos em atividades e infraestruturas para médios produtores rurais.

Programa de Modernização da Agricultura e Conservação dos Recursos Naturais (Moderagro) financia a agroindustrialização e o beneficiamento de produtos agropecuários, além de ações de defesa sanitária animal.

Programa de Financiamento à Agricultura Irrigada e ao Cultivo Protegido (Proirriga) financia investimentos em sistemas de irrigação para a agricultura, além da aquisição e recuperação de equipamentos e instalações para culturas agrícolas.

Programa de Desenvolvimento Cooperativo para Agregação de Valor à Produção Agropecuária (Prodecoop) financia investimentos na modernização dos sistemas de produção e comercialização de cooperativas.

Programa de Capitalização de Cooperativas Agropecuárias (Procap-Agro) financia a recuperação patrimonial de cooperativas de produção agropecuária.

Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e

Colheitadeiras (Moderfrota) financia a aquisição de veículos e maquinários destinados à cafeicultura.

Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica na Produção Agropecuária

(Inovagro) financia a aquisição de equipamentos e serviços para modernização tecnológica das atividades agropecuárias.

Programa para Construção e Ampliação de Armazéns (PCA) financia a construção e modernização de armazéns para estocagem de produtos agrícolas.

Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) consiste em instrumento de crédito rural para financiamento do custeio da produção e investimento em infraestrutura em estabelecimentos rurais da agricultura familiar. Em adição, oferece seguro de proteção a produção e renda, por meio do **Seguro da Agricultura Familiar (Seaf)** e do **Programa de Garantia de Preços (PGPAF)** (Brasil, 2021).

Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) fomenta a formação de estoques e subsidia preços mínimos.

Aquisição do Governo Federal (AGF) constitui mercados institucionais por meio da compra direta pelo governo federal de produtores e cooperativas agropecuárias.

Contrato de Opção de Venda (COV) consiste em seguro de compra pelo detentor do título com direito a venda do produto ao governo. Esse instrumento prevê ainda a recompra pelo governo ou repasse a outros agentes privados dos contratos.

Contrato Privado de Opção de Venda e Prêmio de Risco de Opção Privada (PROP), similar ao COV, mas é o agente privado que assume a operação de compra da produção e o risco de pagar um preço superior ao vigente no mercado no momento da compra do contrato.

Prêmio de Escoamento de Produto (PEP) instrumento que concede subvenção a agentes econômicos dispostos a pagar o preço mínimo ao produtor.

Valor de Escoamento de Produto (VEP) instrumento de venda de estoques públicos ou privados, mediante subvenção econômica a agentes privados compradores, para complementação do abastecimento em regiões deficitárias.

Prêmio Equalizador Pago ao Produtor (Peppo) oferece subvenção diretamente ao produtor ou cooperativa, cabendo ao governo garantir o preço mínimo sem necessidade de aquisição do produto.

Financiamento Especial para a Estocagem de Produtos Agropecuários (FEE) financia a formação de estoque de produtos agropecuários e sementes, assegurando melhores condições de preço a produtores e cooperativas.

Financiamento para Garantia de Preços ao Produtor (FGPP), similar ao FEE, financia formação de estoque a beneficiadores e agroindústrias que adquirem produtos diretamente de produtores rurais (MAPA, 2021).

Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) garante o pagamento de obrigações financeiras pelo produtor assegurado em caso de quebra de safra ocasionada por eventos climáticos ou variações de preços (MAPA, 2021).

Previdência Rural consiste em benefício de seguridade social destinado a trabalhadores rurais que contribuem regularmente ou em regime especial (seguridade especial, sem contribuição compulsória) ao INSS. Os benefícios são recebidos a partir do cumprimento da regra de idade mínima (55 anos para mulheres e 60 anos para homens) e por tempo de contribuição (15 anos) (Maranhão e Vieira Filho, 2018).

MINERAÇÃO

5.1 A mineração na Amazônia Legal

a) Quantificação e identificação das reservas minerais

Não obstante o conhecimento ainda limitado, a AML se destaca pelas reservas de expressão internacional, tais como: tântalo (Amazonas e Rondônia), estanho (Amazonas, Rondônia, Pará e Tocantins), bauxita metalúrgica (Pará, Maranhão e Amapá) e minério de ferro (especialmente no Pará). As reservas de minério de ferro da AML estão sobretudo no Pará, o estado brasileiro com reservas de mais alto teor⁷. Segundo a Agência Nacional de Mineração - ANM (2018, p. 1), “os principais estados detentores de reservas de minério de ferro são: Minas Gerais (74,4% das reservas e teor médio de 41,1% de Fe), Pará (19,5% e teor médio de 65,6%) e Mato Grosso do Sul (2,2% e teor médio de 63,7%)”. No cenário nacional, a AML também tem reservas com peso elevado. Em 2017, a ANM registrou 46 substâncias que foram comercializadas nacionalmente, entre as quais seis respondem por mais de 20% das reservas brasileiras.

O Pará se destaca com reservas de caulim, cobre, bauxita metalúrgica, tântalo, manganês, ferro, dentre outras. No Amazonas, destacam-se as de fluorita, zircônio, estanho, tungstênio e gás natural, além de nióbio e petróleo. No Amapá, chamam atenção as reservas de caulim, ouro e cromo. Em Rondônia, as de

estanho. Nos estados do Acre e Roraima, ainda não há reservas comprovadas. O estado do Mato Grosso tem reservas de chumbo, cobre, estanho, ouro, prata, além de calcário e pedras preciosas. O Maranhão apresenta reservas de ouro, gipsita, calcário e granito, e o Tocantins possui reservas de estanho, ouro, calcário, gipsita, mica e potássio. Nos demais estados da AML, há reservas identificadas, porém, com expressão aquém de 5% das reservas nacionais.

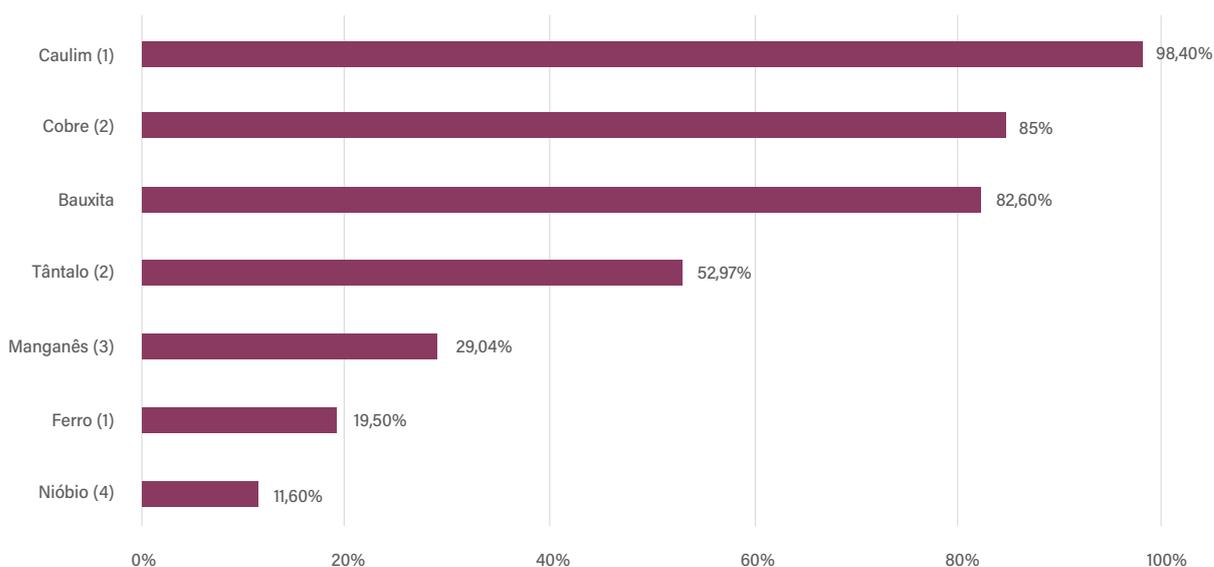
Além as reservas comprovadas, há fortes indícios da existência de petróleo e gás na bacia da Foz do Amazonas, que envolve os estados do Amapá e Pará. A Agência Nacional de Petróleo (ANP) estima existência de reserva (ainda não comprovada) da ordem de 14 bilhões de barris de petróleo e 1.132,8 bilhões de metros cúbicos de gás⁸.

No entanto, há resistências para a obtenção da licença ambiental a fim de avançar com a pesquisa, em função da vulnerabilidade ambiental dos ecossistemas.

b) Efetiva produção mineral

Grande parte dos recursos minerais identificados na AML ainda não se constitui em reservas ambientalmente e economicamente viáveis⁹. Esse é o caso do chumbo, do zircônio, do tungstênio e de vasta gama de ocorrências¹⁰ de minerais não metálicos, além dos minerais de potássio, por exemplo. No entanto, a AML extrai de seu subsolo 35 substâncias, entre minerais metálicos (16), não metálicos (15), energéticos (2) e gemas (2).

Gráfico A2 | Reservas de minerais da AML em proporção do total nacional



Notas: (1) Em reserva lavrável, (2) Em metal contido, (3) Dados preliminares, (4) Em reserva medida.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseados em ANM (2017, 2018).

Tabela A23 | Substâncias minerais extraídas por estado da AML e total de vendas por tipo de substância, em 2020

Estados/Classes de substâncias	Metálicos	Não metálicos			
		C. Civil	Industriais	Energéticos	Gemas
Acre	-	Areia, cascalho e argila	-	-	-
Amapá	Ouro e cromo	Argilas, cascalho, saibro e areia	Caulim	-	-
Amazonas	Estanho, nióbio (columbita-tantalita) e ouro	Argilas, cascalho e rochas britadas	Água mineral, gipsita e calcário	Petróleo e gás natural	-
Maranhão	Ferro e ouro	Areia, argilas, cascalho, rochas britadas, saibro	Gipsita, areias industriais e calcário	-	-
Mato Grosso	Ouro, manganês, titânio, estanho, zircônio e prata	Areia, argilas, cascalho, rochas ornamentais e rochas britadas	Calcário e dolomito	-	Diamantes
Pará	Bauxita, estanho, manganês, prata, ouro, ferro, cobre, níquel	Areia, argilas, rochas ornamentais e rochas britadas e saibro	Água mineral, areias industriais, calcário, caulim e gipsita	-	Gemas e diamantes
Rondônia	Estanho, nióbio (columbita-tantalita), zinco, ouro, titânio, tântalo, e manganês	Rochas britadas e cascalho, areia, argilas, rochas ornamentais e saibro	Água mineral e calcário	-	Gemas
Roraima	Ouro	Areia, rochas britadas e cascalho, rochas ornamentais e argila	Água mineral	-	-
Tocantins	Manganês e ouro	Areia, fosfato, rochas britadas e cascalho, argilas, saibro, talco e rochas ornamentais	Água mineral, areias industriais, calcário, dolomito e magnesita, gipsita	-	-
Total (R\$ milhões)	93.376	884,553	2.010	5.130*	5,4

*Estimativa da produção considerando dados de extração da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2020b), que não integra a base de dados de produção mineral da ANM.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em ANM (2020).

Nos estados do Acre e Roraima, não há atividade extrativa mineral de larga escala, apenas garimpo (em Roraima) e extração de poucos minerais de uso direto na construção civil. Tocantins e Mato Grosso extraem ouro, manganês e minerais não metálicos em pequenas quantidades. Com o esgotamento da jazida de manganês no final dos anos 1990, o Amapá reduziu consideravelmente a extração de ouro e produz somente uma pequena quantidade de cromo. A extração mineral de Rondônia é semelhante à do Amazonas, exceto por este último ser o único estado da AML a produzir minerais energéticos. O Pará se destaca como o grande produtor da AML,

principalmente, de metálicos, tendo o ferro como carro-chefe. Considerando os não metálicos e metais preciosos, o estado extrai 25 substâncias minerais de seu território e isoladamente respondeu por 97% do valor da produção mineral da AML no ano de 2020.

De acordo com as mais recentes informações disponibilizadas pela ANM, a AML responde por praticamente 51% do valor da produção mineral (VPM) do Brasil, o equivalente a R\$ 96,2 bilhões em 2020. O estado do Pará responde pela quase totalidade do VPM da AML e por 50% da produção mineral nacional (Tabela A24).

Tabela A24 | Valores da produção mineral por estado da AML, em 2020*

UF	AC	AP	AM	MA	MT	PA	RO	RR	TO	AML
VPM (em milhões de R\$)	4,56	253,78	49,98	220,49	1.115,13	93.472,16	770,48	16,72	336,30	96.239,60
Participação no VPM da AML (%)	0,00	0,26	0,05	0,23	1,20	97,08	0,80	0,02	0,35	100
Participação no VPM da AML (%)	0,00	0,14	0,03	0,12	0,62	50,21	0,41	0,01	0,18	51,72

Nota: Produção mineral bruta e beneficiada, exclusive valor da produção do petróleo e do gás natural.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em ANM (2020).

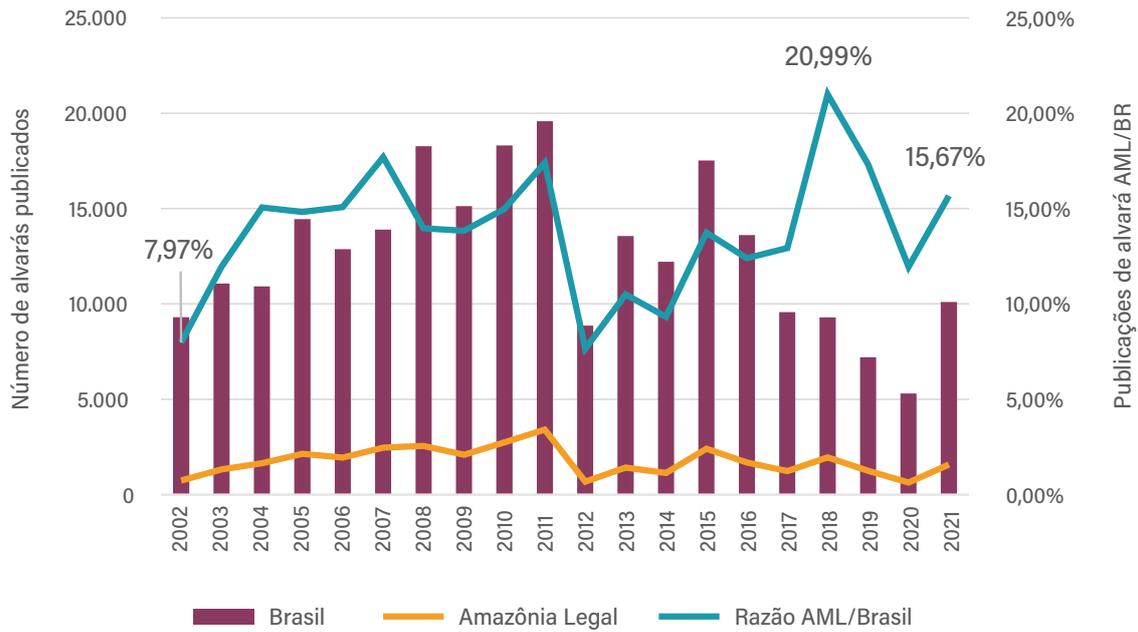
Mesmo computando-se a extração de petróleo e gás natural¹¹, que não entram nas estatísticas do VPM da AML, esse valor não se altera significativamente. Considerando as estimativas da produção desses minerais, o Amazonas aumenta sua participação para 4,27%, enquanto o Maranhão passa a responder por 1,05%, ao passo que o Pará reduz sua participação para 92,17%, independentemente da consideração ou não da produção de petróleo e gás natural.

No período de 2002 a 2021, não obstante grandes oscilações no mercado de bens minerais, o número de Alvarás para Pesquisa Mineral publicados cresceu na AML, assim como a proporção de publicações das superintendências da AML em relação ao total do Brasil, que praticamente dobrou ao longo desses anos, indicando o aumento do interesse em investimentos minerais na região.

c) Exportações de produtos minerais na Amazônia Legal

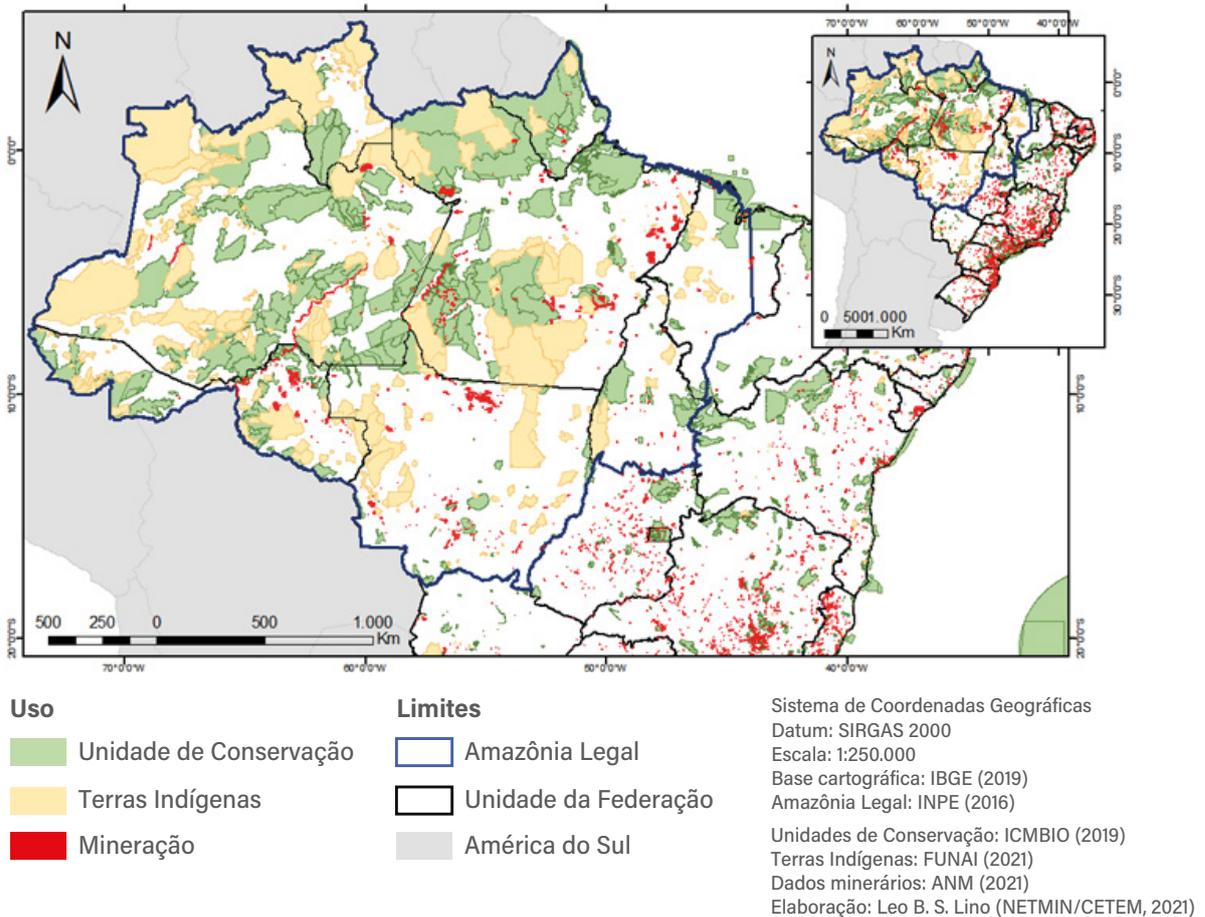
Dos grandes números da mineração na Amazônia, o que mais se destaca é a geração de divisas em virtude de jazimentos em seu subsolo que se transformaram em minas de classe internacional¹² e de investimentos públicos realizados para transformar a região em grande polo gerador de divisas, em um momento histórico de crise de solvência da economia brasileira (Machado e Figueiroa, 2020). De acordo com o Comex Stat, em 2021, a AML exportou US\$ 27,46 bilhões, o que equivale a 13% das exportações totais brasileiras. As exportações de origem mineral¹³ da AML responderam por 45,28% das exportações da região (US\$ 60,64 bilhões), o equivalente a 40,1% das exportações nacionais desses produtos.

Gráfico A3 | Publicações de alvarás de pesquisa para o Brasil e AML, de 2002 a 2021



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em ANM (2021).

Figura A7 | Processos minerários existentes na ANM, de 2000 a 2018



Fonte: Castro et al. (2022)

Tabela A25 | Principais minerais metálicos, metais e energéticos* exportados pelos estados da AML, em 2021 (em milhões de US\$)

Produto/Região	AC	AP	AM	MA	MT	PA	RO	RR	TO	AML	BR	AML/BR
Ferroligas	-	-	67,54	-	-	269,22	-	-	-	336,76	3.475,38	9,69%
Ouro bruto ou semifaturado	-	159,58	84,73	245,58	236,74	308,26	0,01	-	4,02	1.038,93	5.294,26	19,62%
Minérios de alumínio	-	-	-	-	-	141,93	-	-	-	141,93	183,91	77,17%
Minério de ferro	-	58,79	-	625,70	-	21.765,59	-	-	-	22.450,08	44.660,65	50,26%
Minério de manganês	-	3,14	-	0,89	0,32	88,18	-	-	1,19	93,73	171,91	54,52%
Minérios de cobre	-	0,05	-	0,14	0,82	2.517,14	-	-	-	2.518,15	3.369,10	74,74%
Minério de estanho	-	-	-	-	-	1,71	5,41	0,80	-	7,92	10,55	75,07%
Minérios de nióbio	-	-	-	-	-	0,06	9,72	-	-	9,78	25,69	38,06%
Minérios de níquel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-
Óleos de petróleo ou minerais betuminosos	-	-	3,18	8,22	0,01	35,63	-	0,03	-	47,07	7.263,33	0,65%
Caulim	-	-	-	-	-	114,17	-	-	-	114,17	122,22	93,41%
Prata	-	-	2,05	-	-	-	-	-	-	2,05	5,92	34,63%
Alumínio em formas brutas	-	-	-	-	-	347,82	-	-	-	347,82	543,95	63,94%
Estanho em formas brutas	-	-	1,40	-	-	-	60,17	-	-	61,57	306,26	20,10%
Resíduos de cobre	-	-	8,14	0,17	-	-	-	0,58	-	8,89	-	-
Resíduos de ferro	-	-	19,76	0,08	-	3,49	2,57	0,47	-	26,37	-	-
Lingotes de ferro	-	-	-	150,91	-	101,74	-	-	-	252,65	1.641,64	15,39%
Titânio	-	-	-	-	-	0,13	-	-	-	0,13	3,09	4,31%
Exportações minerais	-	221,56	186,80	1.031,69	237,89	25.695,07	77,88	1,88	5,21	27.458,009	67.077,87	40,93%
Exportações totais	48,84	307,00	867,95	4.374,13	21.651,40	29.525,88	1.687,19	336,63	1.845,94	60.644,96	280.814,58	21,60%
Exportações minerais/Total	-	72,17%	21,52%	23,59%	1,10%	87,03%	4,62%	0,56%	0,28%	45,28%	23,89%	

* Na base de dados, a exportação de gás de petróleo é desprezível.

Nota: alguns valores muito pequenos foram desconsiderados e substituídos por "-".

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em (ComexStat, 2021).

O Pará é o principal estado produtor e exportador de substâncias minerais da AML. Em 2021, sua contribuição às exportações brasileiras de minerais e metais foi de 38% (US\$ 25,69 bilhões). Todavia, as finanças dos estados ficaram muito prejudicadas, já que as exportações de bens primários e semielaborados estão isentas do recolhimento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), que é a principal fonte de receita própria

dos entes estaduais. Em 1990, antes da Lei Kandir, a mineração contribuía com 14% do recolhimento do ICMS do Pará e, em 2020, esse percentual alcançou apenas 4,8%. Considerando-se a parcela da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) que cabe ao estado e a Taxa de Fiscalização sobre Recursos Minerais (TFRM), esse percentual passa para 7,6%, ou seja, pouco mais da metade do que representava há 30 anos (Sindifisco, 2021).

Por volta de 20% das exportações do estado do Maranhão (US\$ 1 bilhão) são oriundas das vendas de produtos das cadeias do alumínio e do ferro, cuja extração provém do Pará. Esse desempenho apenas se tornou possível a partir da decisão política de promover o escoamento da produção de Carajás (no Pará) através do Porto de Itaqui e, a partir da infraestrutura ferroviária, diversas empresas do segmento mineral se instalaram e passaram a produzir no Maranhão.

A exportação de minerais dos demais estados é residual e, na sua maioria, resultante de atividade garimpeira. Em 2021, o Mato Grosso exportou US\$ 237 milhões basicamente de ouro e o estado de Rondônia, US\$ 78 milhões basicamente de estanho (minério de cassiterita).

d) Utilização dos produtos minerais extraídos da Amazônia Legal no mercado brasileiro

O principal vetor que tem impulsionado a demanda por bens minerais da AML é o mercado externo, pois quando se deduz o valor das exportações minerais do VPM, percebe-se que o que é realmente absorvido no mercado doméstico é uma pequena fração. Isso é evidenciado pelo consumo aparente desses minerais, que corresponde à quantidade total de minério produzido, deduzidas as exportações e adicionadas as importações, ambas convertidas com base no câmbio do ano em questão.

Tabela A26 | Usos e destinos da produção dos principais bens minerais extraídos da AML, em 2020

Substância mineral	Setores de uso	Estados produtores	Destinos da produção (principais)	Consumo aparente (% do VPM)
Bauxita	Indústria química para produção de alumina, matéria-prima do alumínio	Pará	Japão, Canadá, Irlanda, Grécia, Ucrânia e México	65%
Caulim	Indústria de papel, além de plástico, borrachas e cimentos	Amapá e Pará	Bélgica, Estados Unidos, Canadá, Itália, Finlândia, Espanha, Coreia do Sul e China	10%
Cobre	Equipamentos eletrônicos, elétricos, construção civil, transportes e setor industrial	Pará	Alemanha, Polônia, China, Taiwan, Suécia, Espanha, Filipinas e Finlândia	4%
Estanho	Indústria siderúrgica	Amazonas, Mato Grosso, Pará e Rondônia	Estados Unidos, Portugal, Malásia, México e Espanha	81%
Ferro	(folha de flandres), indústria de soldas, indústria química, objetos de pewter e bronze	Amapá, Maranhão e Pará	China, Estados Unidos, Coreia do Sul, Argentina, Espanha, Turquia e Japão	1,5%
Manganês	Ferro gusa e pelotas, com aplicação na indústria siderúrgica	Mato Grosso, Pará e Tocantins	China, França, Espanha, Estados Unidos, Índia e Colômbia	nulo
Nióbio	Produção de pilhas, indústrias metalúrgicas e produção de ferroligas	Amazonas e Pará	China, Alemanha, Tailândia e Hong Kong	32%*
Tântalo	Aços microligados para setores industriais e indústria de ponta	Rondônia	China e Alemanha	n.d*

* O níobio é contabilizado, na base de dados, junto com outros minerais, como vanádio, tântalo e zircônio.

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em ANM (2017, 2018) e ComexStat (2021).

Os bens que parecem se destinar ao consumo interno, na realidade, entram como insumo na cadeia de exportação de minérios concentrados ou beneficiados, como são os casos da bauxita (exportada em sua totalidade através da alumina ou do alumínio), do nióbio (exportado em sua totalidade sob os semimanufaturados (ligas), assim como a maior parte do estanho (vendida sob a forma beneficiada).

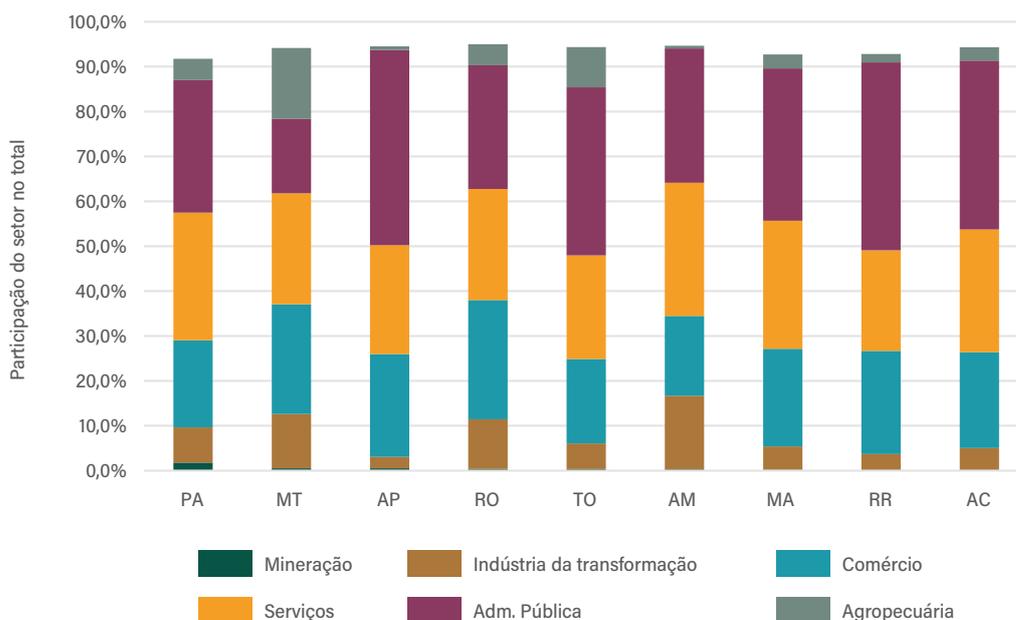
e) Limitações da atividade mineral ao processo de desenvolvimento regional e nacional

Não obstante a importância nacional da mineração da AML e seu peso para a balança comercial brasileira, a forma como ela está configurada faz com que as perspectivas de sua contribuição ao desenvolvimento

regional, expresso pela geração de emprego e arrecadação de tributos, sejam muito limitadas.

Uma característica da atividade mineral de larga escala – e na AML não é exceção – é sua natureza intensiva em capital e poupadora de mão de obra. Isso decorre da própria natureza da atividade mineral produtora de commodity que, para ser lucrativa, exige grande escala e minimização dos custos de produção, nos quais as máquinas proporcionam elevados ganhos de produtividade. Como resultado dessa dinâmica, verifica-se que, ainda nos estados em que a atividade mineral é mais concentrada, como no Pará, a mão de obra ocupada diretamente no setor extrativo mineral não ultrapassa os 2% em relação ao total da mão de obra formalmente empregada. Nos outros estados, a porcentagem não excede 0,5%.

Gráfico A4 | Composição setorial da mão de obra na AML, em 2020



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em MTE (2020).

Além disso, dados sobre a massa salarial, também com base no Relatório Anual de Informações Sociais para o ano de 2020, mostram que a atividade mineral representa uma porção ínfima em relação ao conjunto dos empregos formais na AML. O Gráfico A5 demonstra como, na região, setores menos intensivos em tecnologia e inovação, como os de administração pública e serviços, respectivamente, correspondem a 44% e 22% da massa salarial total. A indústria extrativa mineral

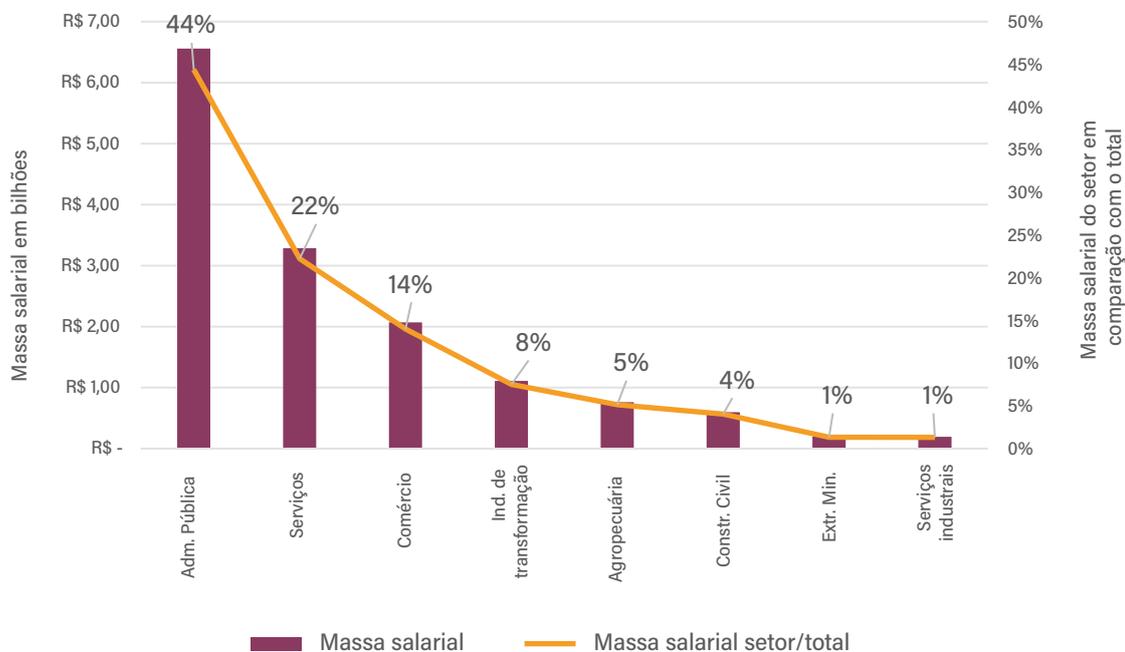
com o setor de serviços industriais são os que menos agregam à massa salarial total, respondendo por menos de 3% conjuntamente. Com base em tais evidências, pode-se asseverar que a atividade mineral tem pouca capacidade de impulsionar o aumento da renda pela via do emprego formal.

Essas evidências são corroboradas pela Matriz Insumo Produto (MIIP-AML), para a qual o setor de mineração, dada a estrutura econômica caracterizada

pela matriz, é incapaz de dinamizar cadeias produtivas na AML, conforme dados do tópico *Cadeia da exploração mineral*, do Capítulo 1. Os principais

setores da economia atual. Isso está relacionado às limitadas conexões produtivas para frente e para trás, tanto no contexto nacional quanto no intrarregional.

Gráfico A5 | Massa salarial por setores econômicos na AML, em 2020



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em MTE (2020).

Além dessa característica estrutural da mineração, as novas plantas são muito mais intensivas em capital e poupadoras de mão de obra. Uma evidência é a forte redução da quantidade de trabalhadores para produzir a mesma quantidade de minério, como no caso de Carajás, onde no início dos anos 1990, havia 49 postos de emprego para produzir um milhão de toneladas de minério de ferro. Em 2020, o número de postos de emprego era de apenas 31 para produzir a mesma quantidade (Silva-Enriquez, 1994; Vale 2022a; 2022b).

Quanto à tributação, a atividade mineral na AML tem criado políticas que estimulam a especialização em commodities e reforçam a posição da Amazônia como região exportadora de matérias primas, já que há um sistema de deduções e isenções tributárias favorável às exportações *in natura* e o contrário ocorre para o caso de agregação de valor ao mercado interno e regional (no qual incidem todos os tributos).

Muito embora representantes do setor mineral aleguem ter uma carga tributária de 30%, esse dado

não é uma unanimidade. Em contrapartida, estudo do Sindifisco (2021) concluiu que, considerando-se os sistemas de incentivos e isenções tributárias do Brasil¹⁴, a base tributável não deve ser maior do que a proporção de 37% do VPM. Assim, aplicando-se a alíquota de 36% sobre a base de 37% do VPM, chega-se à conclusão lógica de que a carga tributária efetiva sobre o setor mineral brasileiro não pode ser superior a 15,8% do VPM. E na AML, esse percentual deve ser menor ainda, dado o seu perfil exportador de commodities. Isso vem ao encontro do que Coelho (2015) e Belluzo e Sarti (2019) afirmam: a maior parte da renda mineral gerada pela AML não permanece no território, experimentando o fenômeno de vazamento para outras regiões.

Um dos motivos é a isenção de ICMS de produtos exportados, bem como uma vasta gama de incentivos fiscais e as baixas alíquotas de royalties incidentes sobre a mineração. Os estados exportadores de commodities minerais (e demais bens primários) estão impossibilitados de arrecadar impostos de sua principal atividade devido à Lei Complementar no

87/1996, conhecida como Lei Kandir, cujo conteúdo se cristalizou na PEC no 42, de 2003, que isenta produtos básicos e semielaborados do recolhimento de ICMS, como é o caso dos minérios. O resultado dessas políticas é que a mineração contribui com uma parcela irrisória do ICMS estadual da AML. Mesmo em estados mineradores como o Pará, essa contribuição foi de apenas 5% em 2021 e de 4,8% em 2020¹⁵. Ressalte-se que em 1990, antes da lei Kandir, a mineração contribuía com 14% do ICMS estadual. A atual política tributária agrava mais ainda o quadro de injustiça tributária ao permitir a geração de créditos tributários para empresas que estão extraíndo patrimônio mineral sem deixar contrapartida de tributo (Sindifisco, 2021).

Essa isenção de ICMS também tem provocado conflitos distributivos entre municípios mineradores exportadores e os demais, já que o município minerador gera alto valor adicionado, que é um dos principais determinantes da partilha da cota-parte do ICMS por meio do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), mas sem ter a contrapartida da arrecadação tributária. Assim, ao longo dos últimos anos, a cota-parte dos municípios mineradores aumentou significativamente devido ao crescimento das exportações de minerais. Isso resulta em uma injusta transferência de renda de municípios arrecadadores e populosos para os municípios mineradores que nada arrecadam¹⁶ e que já são contemplados com a CFEM.

As mineradoras instaladas na AML também se beneficiam dos incentivos fiscais da Sudam¹⁷, que permitem a redução de 75% do imposto de renda de pessoa jurídica a pagar, com a possibilidade de reinvestir os 25% restantes em expansão ou maquinário. Essa isenção também tem implicações distributivas, uma vez que 21,5% da arrecadação desse imposto é constitucionalmente transferida aos estados por meio do Fundo de Participação dos Estados (FPE).

Dessa forma, a principal contribuição da mineração no campo das finanças é a CFEM¹⁸, que equivale ao royalty federal mineral brasileiro. A CFEM

incide sobre a receita bruta de vendas, tem cinco faixas de alíquotas¹⁹ e é distribuída entre os entes federativos na seguinte proporção: 60% para o DF e municípios mineradores; 15% para o DF e municípios afetados indiretamente pela mineração; 15% para o DF e estados em que ocorre a mineração; 7% para a ANM; 1% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); 1,8% para o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e 0,2% para o Ibama.

No Brasil, não há distinção entre a taxa sobre produção de minerais em estado bruto e beneficiado (por exemplo, taxando com maior alíquota os minerais brutos e, com menor os minerais de maior valor agregado), o que representa pouco estímulo à agregação de valor a esses materiais. Isso se soma aos fatores que conjugam para que a pauta de exportação mineral da AML seja composta predominantemente por minerais brutos ou semielaborados, com baixo valor agregado.

Por fim, considerando a tributação mineral e as receitas públicas que têm origem na atividade, é importante que estados e municípios façam uso inteligente desse recurso, considerando principalmente o caráter transitório desses recebimentos e as necessidades sociais. Alguns estudos demonstram que o padrão de gasto desses recursos nem sempre segue diretrizes bem definidas, conforme verificado para o caso do segundo município amazônico que mais recebeu CFEM em 2021, Canaã dos Carajás (equivalente a R\$1,86 bilhão).

Nesse município, cerca de um terço das receitas foi direcionado aos gastos de administração pública e quase 6% destinados à amortização de dívida contratada com o INSS em 2018 (Enriquez et al., 2018). Com isso, torna-se evidente a necessidade de uma política mineral (que conjugue estratégias tanto municipais como estaduais) com utilização mais eficaz dos recursos gerados a partir da mineração, levando em consideração principalmente a natureza transitória que essas receitas e a própria atividade mineral possuem.

5.2 O papel da mineração para a Nova Economia da Amazônia

a) A mineração na Amazônia Legal e sua importância na transição para a economia de baixo carbono

A maior parte da literatura converge sobre a indispensabilidade dos bens minerais para assegurar a transição energética (para economia de baixo carbono) (Ali, Giurco e Arndt, 2017; Church e Crawford, 2020; Gielen, 2021). A projeção de aumento do consumo desses minérios até 2030

é de mais de 1.000% para bauxita, cobre, ferro, manganês e níquel, além do estanho para o qual não há estimativas (Tabela A31). A AML já é produtora de cinco dos minérios listados na tabela: bauxita e alumínio, níquel, estanho, cobre, ferro e manganês.

Além desses minerais já existentes e efetivamente explorados, na AML há relevantes ocorrências de elementos de terras raras (Gerard et al., 2003). Esses elementos são considerados minerais críticos mesmo antes de sua importância estratégica para a descarbonização, uma vez que praticamente todo o seu suprimento depende quase de um único fornecedor – a China, que responde por volta de 98% da oferta mundial e 95% das reservas.

Tabela A27 | Materiais críticos usados em tecnologias de energia limpa

Substância	Energia solar	Veículos elétricos	Energia eólica	Crescimento projetado de demanda (%)	Energia eólica	Crescimento projetado de demanda (%)
Bauxita e alumínio	x	x	x	1.000	2017	2030
Cobre	x	x	x	1.200	2020	2025
Ferro	x	x	x	1.000	2017	2030
Chumbo	x	x	x	1.000	2017	2030
Disprósio		x	x	260	2020	2030
Manganês		x	x	1.000	2017	2030
Neodímio		x	x	300	2020	2040
Níquel	x	x		1.000	2017	2030
Silício	x	x		46	2020	2027
Zinco	x		x	250	2017	2050
Cádmio	x			700	2021	2040
Cromo			x	122	2020	2050
Cobalto			x	1.000	2017	2030
Gálio	x			2	2019	2050
Germânio	x			8.600	2018	2050
Grafita		x		500	2020	2050
Índio	x			341	2020	2050
Lítio		x		1.000	2017	2030
Molibdênio			x	240	2017	2050
Praseodímio		x		185	2020	2030
Selênio	x			11	2019	2050
Prata	x			52	2019	2050
Telúrio	x			75	2019	2050
Estanho	x			n.d.		
Titânio		x		40	2020	2050

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Vakulchuk e Overland (2021, p. 1679).

Embora o Brasil já tenha produzido terras raras, a produção cessou em 2007 por dificuldades no licenciamento ambiental, pelo fato de o minério estar associado a um pequeno percentual de tório – mineral radioativo. Além desse empecilho, a entrada agressiva da China no mercado externo inviabilizou grande parte da produção global, o que deixa os países consumidores como o Brasil em grande vulnerabilidade, com o agravante de que a China vem restringindo a oferta e impondo cotas de aquisição. Isso é um fator de pressão adicional para se explorar as novas fronteiras minerais da AML.

b) Os minerais da Amazônia como suprimentos para a agricultura brasileira

Embora o Brasil seja considerado uma potência agrícola, o país tem grande dependência da importação de insumos para a produção de fertilizantes, em especial o NPK. No caso do potássio, a dependência é de mais de 90% (Tabela A28).

Tabela A28 | Fertilizantes (NPK) – Perfil estrutural da indústria no Brasil

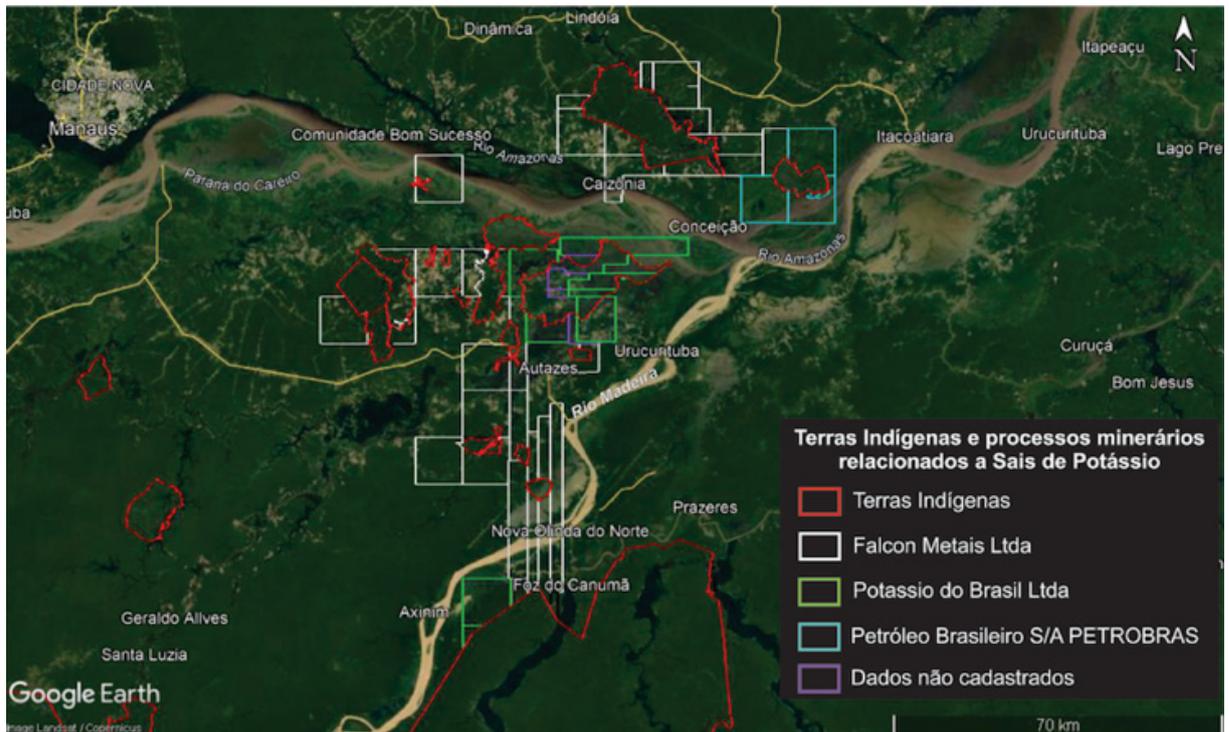
Macronutrientes	Fontes primárias	Minero- indústria	Fertilizantes derivados	Dependência relativa	%
Nitrogênio (N)	GNP (Gás Natural Petróleo) (Amônia Anidra) 75 Bacia de Campos/RJ	Indústrias petroquímicas: Petrobras, Brasken, Fosfertil, Proquigel	Ureia Sulfato de amônio Nitrato de amônio	Produção nacional	25
				Importação	75
Fósforo (P)	Rochas fosfáticas: Sedimentares: Marrocos; Ígneas: Carbonatitos, Araxá/MG Produtos intermediários: Ácido fosfórico Ácido sulfúrico	Indústrias: Bunge, Copebras, Fosfertil, Galvani, Profertil/Roullier	DAP/MAP Superfosfato triplo Superfosfato simples Termofosfato Fosfatos naturais	Produção nacional	52
				Importação	48
Potássio (K)	Sais Evaporíticos Mineral-Minério: Silvinita Carnalita Mina Taquari- Vassouras/SE	Vale	K ₂ O KCl (Cloreto de potássio)	Produção nacional	8
				Importação	92

Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Ogasawara, Kulaif e Fernandes (2010).

Os depósitos de minerais de potássio, em especial de silvinita, são conhecidos desde os anos 1950, na região de Nova Olinda, estado do Amazonas; em anos posteriores, outras ocorrências importantes foram descobertas em áreas do médio Amazonas, região de Tapajós, de Nhamundá-Trombetas e de Nova Olinda-Maués. É importante ressaltar que

grande parte das reservas se encontram no subsolo de regiões que compõem um mosaico de Terras Indígenas. Segundo a ANM (2017), as reservas de sais de potássio descobertas na Amazônia são da ordem de 860 Mt. Estão localizadas, principalmente, na bacia evaporítica do Amazonas, que fica na fronteira norte dos estados do Amazonas e do Pará.

Figura A8 | Terras Indígenas e processos minerários relacionados a sais de potássio na AML



Fonte: Febrageo (2022).

Por fim, não obstante o papel relevante que a AML ocupa na oferta atual e potencial de minerais e mais ainda em um cenário de crescimento de escala de produção, Church e Crawford (2020) ressaltam que essa nova onda de crescimento provocada pela descarbonização tem como efeito secundário riscos

e fragilidades sociais e ambientais de territórios que estão sendo minerados e com potencial para isso. Esses riscos são intensificados na AML com base nas evidências do que tem ocorrido, principalmente nas dimensões socioambientais e socioeconômicas.

INFRAESTRUTURA

6.1 Energia eólica

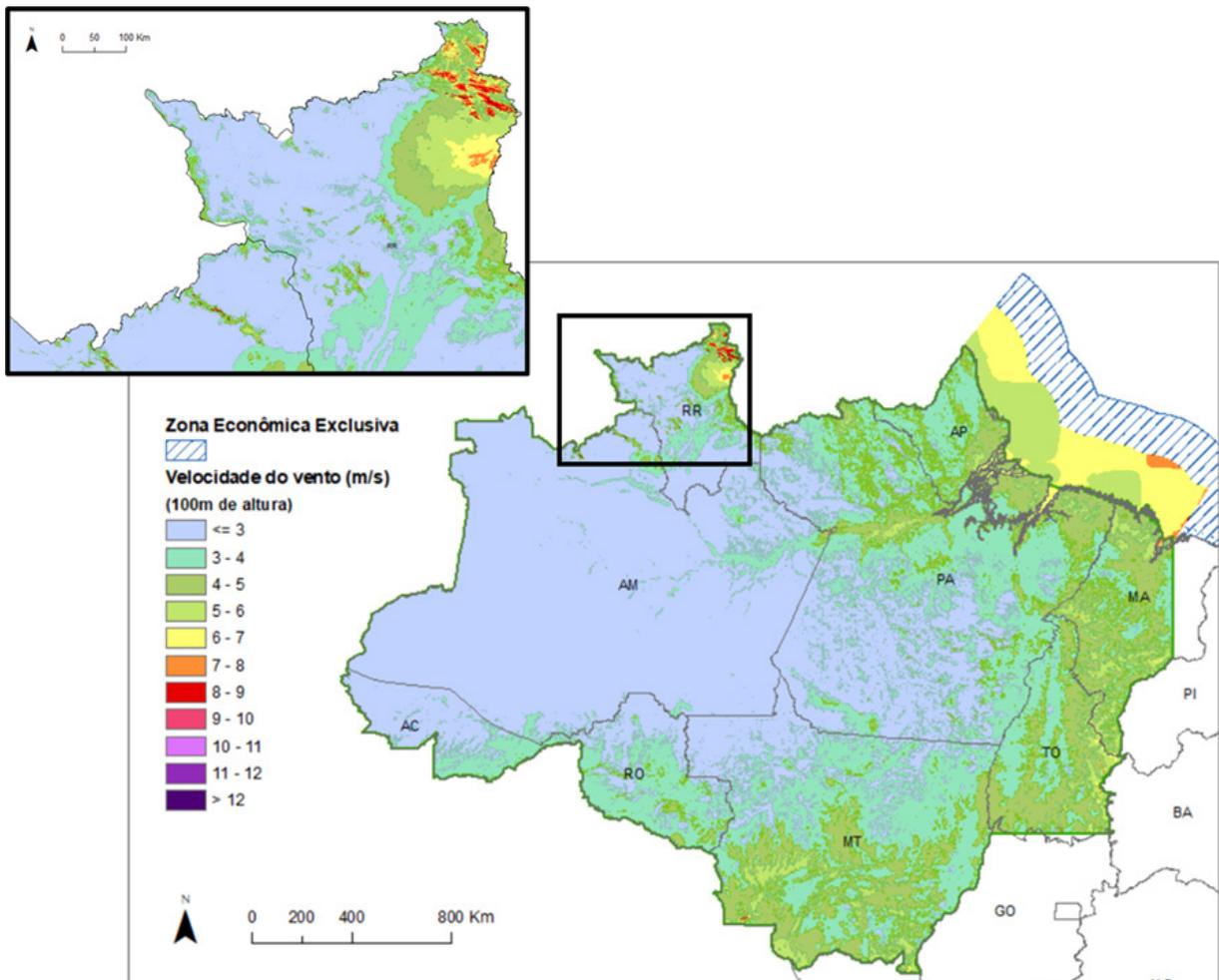
Conforme o estudo de potencial eólico realizado para a AML, o recurso aproveitável se concentra no extremo norte do estado de Roraima, dentro da Terra Indígena Raposa Serra do Sol (TIRSS). A região possui áreas com ventos com velocidades médias entre 6 e 12 m/s (a 50 metros de altura), elevados fatores de capacidade e condições de relevo e uso do solo favoráveis à instalação de turbinas eólicas. A cobertura vegetal é do tipo

savana e a região tem alta importância para a avifauna amazônica, um grupo bastante vulnerável a essas turbinas. Além disso, qualquer intervenção na região requer ampla discussão e aceitação por parte das comunidades indígenas. Assim, a exploração do potencial eólico, em prol da população da TIRSS, requer estudos mais aprofundados sobre o recurso de vento local, a infraestrutura disponível para as operações de transporte e instalação das turbinas e os impactos ambientais e sociais que poderiam ser causados na região.



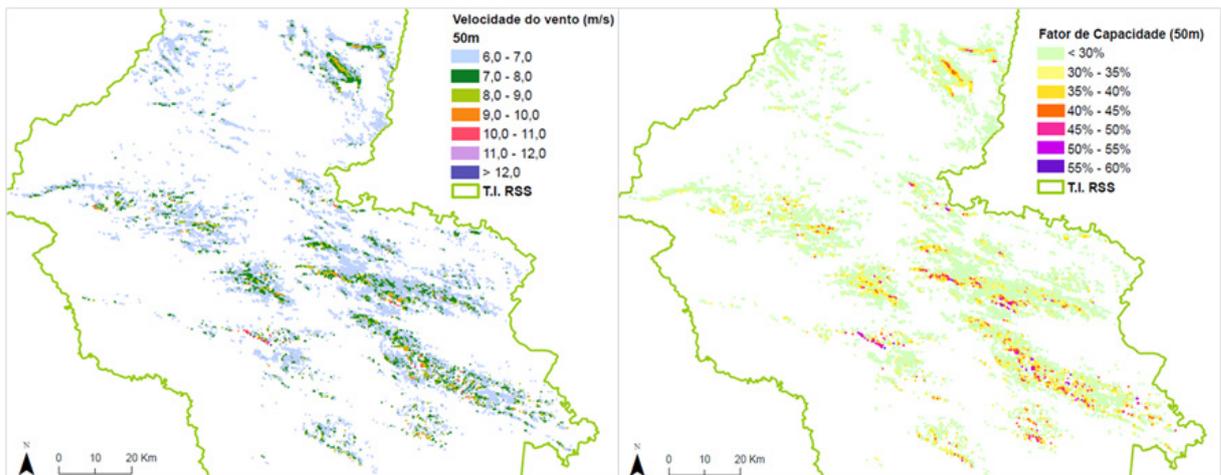
Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

Figura A9 | Recurso eólico na Amazônia Legal, com destaque para o estado de Roraima na AML



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Badger et al. (2022).

Figura A10 | Velocidade média do vento e fator de capacidade dentro da Terra Indígena RSS, a 50 m de altura



Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em Badger et al. (2022).

6.2 Resíduos

O desenvolvimento socioeconômico da região Amazônica desconsidera os efeitos do manejo impróprio dos resíduos sobre o meio ambiente, a saúde humana e a economia. Porém, a correta gestão dos resíduos na região é um desafio e depende fortemente de ações integradas de diversos atores e investimento amplo em infraestrutura. Além disso, aspectos demográficos e estruturais, como a baixa densidade populacional, e a dificuldade logística têm impedido o manejo integrado e o aproveitamento dos resíduos na região (Silva e Pinheiro, 2010; Sanjad et al., 2020).

Atualmente, cerca de 40% dos resíduos gerados na Amazônia ainda são descartados em lixões e 25% em aterros controlados, com poucas e isoladas iniciativas de aproveitamento desses resíduos, como a captação de metano em aterros sanitários para geração de eletricidade (SNIS, 2020).

Além disso, conforme a Tabela A29, a taxa de coleta dos resíduos domésticos é muito baixa, principalmente nos municípios rurais e comunidades ribeirinhas. Nesses locais, os resíduos são geralmente enterrados ou queimados, causando danos socioambientais e econômicos desconhecidos da população local.

Tabela A29 | Geração de resíduos sólidos urbanos por estado, em 2022

Estado	Municípios respondentes (%)	Geração de resíduos (t/ano)	Resíduo per capita (kg/hab/dia)	População atendida por coleta direta (%)
Acre	68	242.362,9	0,89	54
Amazonas	68	1.231.000,5	0,91	61
Amapá	50	146.856,2	0,56	77
Maranhão	79	1.538.555,1	0,75	57
Mato Grosso	72	922.673,6	0,81	73
Pará	66	2.147.535,1	0,81	63
Rondônia	87	390.511,5	0,64	56
Roraima	80	135.595,1	0,63	51
Tocantins	84	486.962,4	0,96	69

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro agravante se deve à mudança no padrão de consumo da população amazônica. É cada vez mais comum encontrar materiais plásticos, metais e outros contaminantes presentes nos resíduos que eram predominantemente orgânicos na década passada (Castro et al., 2020) (Maciel, Oliveira e Silva, 2019). Tal fato tende a crescer em função da dinâmica populacional, aumento de renda e acesso à eletricidade.

Além disso, produtos relacionados com a bioeconomia da Amazônia, como o açaí e o cacau, geram mais de 1 Mt de resíduos por ano na região. Esses resíduos não costumam ser aproveitados, tampouco possuem destinação adequada.

Nesse sentido, foi proposta a construção de um cenário de bioeconomia capaz de aproveitar a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos e também os de biomassa para geração de energia elétrica. Para tanto, foram feitas projeções de geração de resíduos até 2050, com base no crescimento populacional e considerando o aumento gradativo e necessário das taxas de coleta em todos os municípios amazônicos. Para resíduos da bioeconomia (açaí e cacau), foram utilizadas séries históricas do crescimento da produção vegetal.

Além disso, considerando os princípios da bioeconomia circular, propõem-se também o reúso e a reciclagem dos resíduos como melhor alternativa socioambiental. Sendo assim, o cenário considerou pontos estratégicos para o investimento em usinas

de reciclagem e indústrias de transformação a fim de promover, ao mesmo tempo, o desenvolvimento socioeconômico da região e a conservação dos biomas. A Tabela 30 apresenta as soluções propostas

para resíduos, assim como os fatores condicionantes principais para que tais soluções sejam viabilizadas e seu percentual de aplicação até 2050.

Tabela A30 | Soluções propostas para o gerenciamento de resíduos no cenário NEA e suas projeções de efetividade para os anos 2025, 2035 e 2050

Etapas de gerenciamento de resíduos	Condicionantes principais	Ações	2025 (%)	2035 (%)	2050 (%)	
Geração, reúso e separação	Programa para redução do desperdício de alimentos	Redução na geração de resíduos plásticos e fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos	1	10	20	
	Incentivo ao uso de embalagens compostáveis					
	Reutilização de materiais e embalagens					
	Redução do consumo de plásticos de uso único					
	Programa de educação ambiental/conscientização a respeito da coleta seletiva					
	Incentivo financeiro para o retorno de itens recicláveis em pontos de coleta	Aumento do montante de resíduo separado no ponto de geração (melhoria na fase de separação)	63	75	100	
Coleta municipal e transporte	Aprimoramento da infraestrutura de armazenamento de resíduos com lixeiras inteligentes em locais isolados	Aumento progressivo da área atendida pela coleta municipal, seja de maneira direta (porta a porta) ou indireta (lixeiras comunitárias, PEVs etc.)	63	75	100	
	Desenvolvimento de sistema de gerenciamento de resíduos sólidos inteligente e georreferenciado					
Reciclagem	Desenvolvimento de infraestrutura para transporte e transbordo de materiais recicláveis	Reciclagem de plásticos, metais, vidro e eletroeletrônicos	5	40	98	
	Desenvolvimento de cadeia de valor regional para materiais reciclados					
	Aumento no número de cooperativas e associações					
Tratamento biológico	Programa de educação ambiental/conscientização e treinamentos da comunidade	Incentivo a compostagem de resíduos orgânicos em comunidades pequenas e remotas	30	70	100	
	Desenvolvimento de cadeia de valor local/regional para venda de composto orgânico					
Tratamento dos resíduos com aproveitamento energético	Investimento em infraestrutura e maquinários	Construção de plantas de gaseificação	10	40	98	
	Culturas Agrícolas					
	Treinamentos	Plantas de gaseificação – bioeconomia – caroço de açaí	10	40	100	
		Desenvolvimento de mercado consumidor para energia gerada	Construção de plantas de digestão anaeróbica para aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos	50	100	100
			Plantas de digestão anaeróbica bioeconomia – casca de cacau	10	40	100
		Programa de educação ambiental/conscientização e treinamentos da comunidade	Instalação de plantas de incineração em locais com geração acima de 150 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia	20	50	100
		Construção de plantas de incineração para tratar resíduos perigosos				

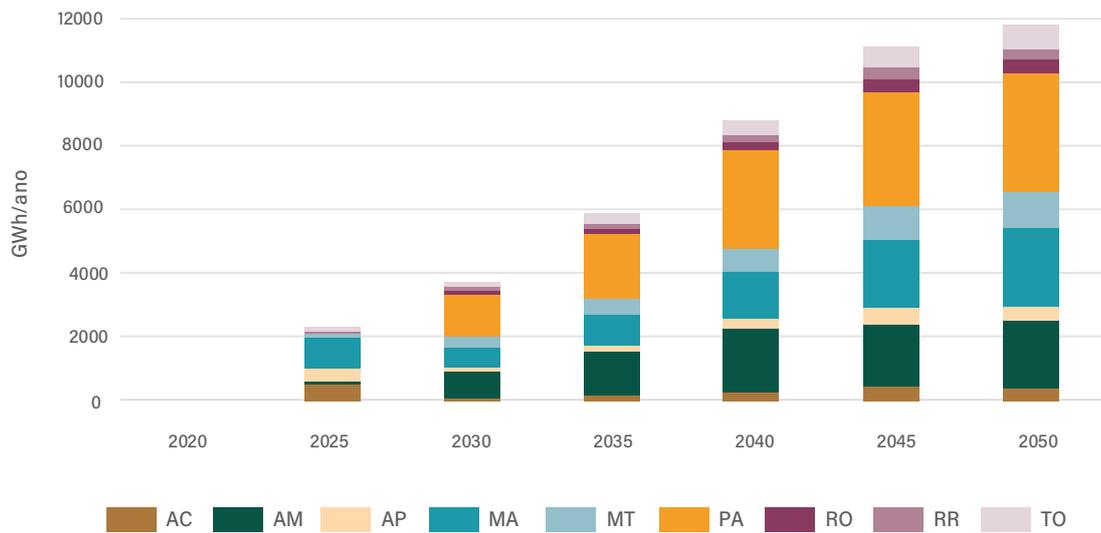
Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da adoção das medidas propostas, foi estimado que até 2050 o potencial de geração elétrica pelo aproveitamento de resíduos totalizou 14.290 GWh/ano.

Desse total, 10.500 GWh/ano advêm do aproveitamento de resíduos urbanos (Gráfico A6), 1.900 GWh/ano, dos resíduos agrícolas (Gráfico A7) e 1.890 GWh/ano, dos resíduos de bioeconomia (Gráfico A8).

Gráfico A6 | Potencial de geração de eletricidade com resíduos sólidos urbanos, por quinquênio



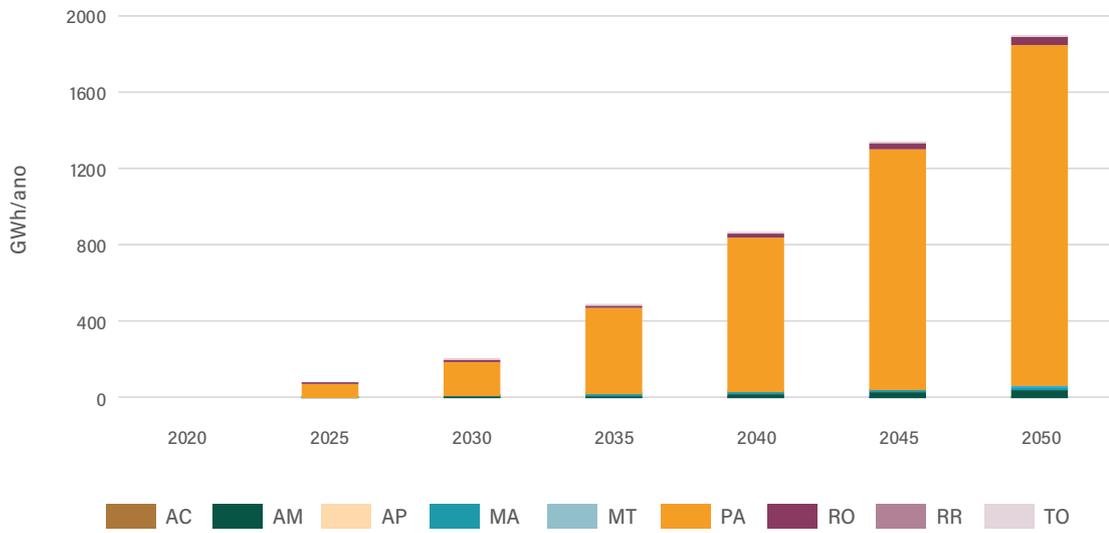
Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico A7 | Potencial de geração de energia com processamento de resíduos agrícolas, por quinquênio



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

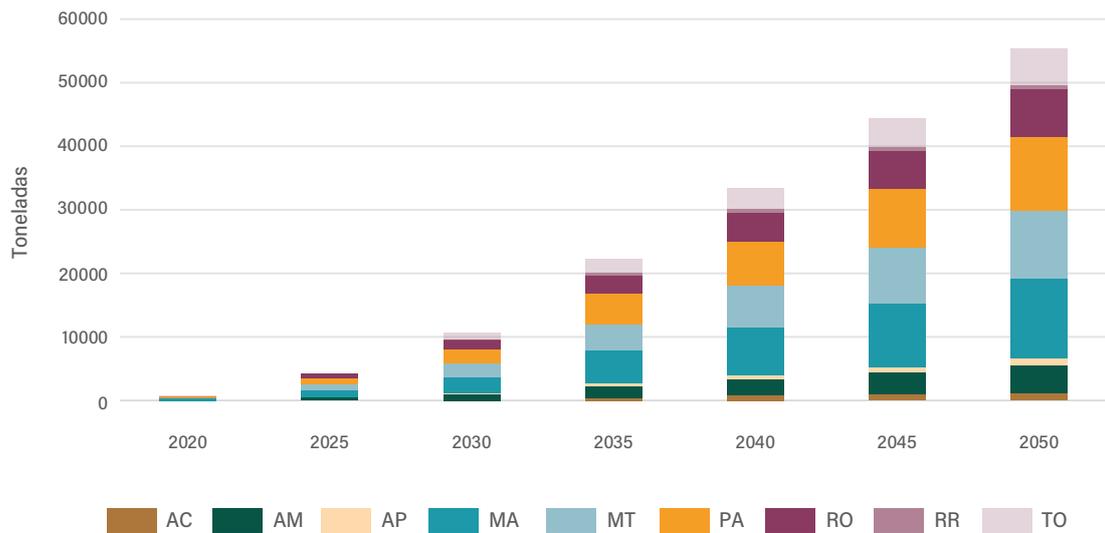
Gráfico A8 | Potencial de geração de eletricidade com processamento de resíduos da bioeconomia (açai e cacau), por quinquênio



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

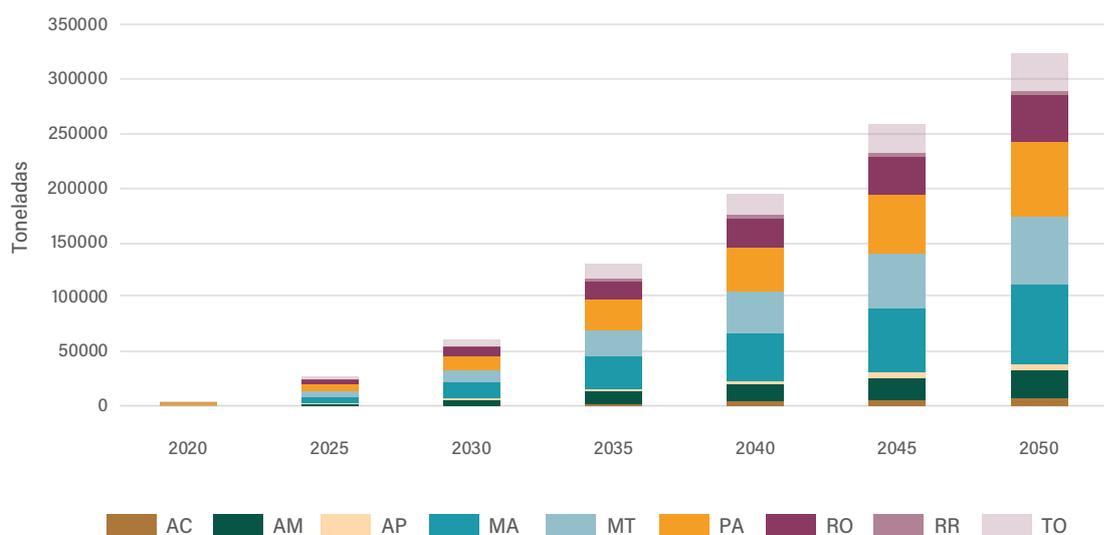
Em relação ao potencial de processamento de material reciclado, os gráficos A9 e A10.

Gráfico A9 | Metais destinados a reciclagem (toneladas)



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico A10 | Papéis destinados a reciclagem (toneladas)



Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar das dificuldades que emergem em função da dinâmica estrutural da Amazônia, o aproveitamento de resíduos locais pode trazer benefícios ambientais, sociais e econômicos para as comunidades. Os rejeitos descartados são passíveis de utilização tanto para fins energéticos como para compor a renda de famílias ao serem coletados e vendidos para centros de processamento e reciclagem.

6.3 Seleção e extração das áreas para implementação de sistemas fotovoltaicos de geração centralizada na Amazônia Legal

Para a seleção de características, o tratamento de dados georreferenciados e a construção de mapas para as melhores localizações dos sistemas fotovoltaicos foi utilizado o software QGIS, um sistema de informação geográfica livre e aberto que se utiliza de ferramentas de geoprocessamento para filtrar, juntar, analisar os dados e visualizar os resultados (QGIS, 2021). Todos os mapas apresentados neste trabalho foram construídos utilizando esse programa.

A localização é um importante fator a ser considerado para a instalação de usinas fotovoltaicas. Distâncias para linhas de transmissão, subestações e rodovias, entre outros fatores, são avaliados para a escolha dos melhores sítios para a construção dessas usinas (Azevêdo, 2016). Assim, elabora-se um índice multicritério com base em diferentes fatores a fim de selecionar os locais mais propícios para instalação de usinas fotovoltaicas na região da AML. Apenas as pastagens altamente degradadas²⁰ inseridas nessa área ótima serão selecionadas para o cálculo do potencial técnico de energia solar fotovoltaica flutuante na AML.

O índice multicritério é calculado sobre cinco variáveis, com base em Azevêdo (2016):

- a) Potencial de geração fotovoltaica média anual no plano inclinado;
- b) Distância para linhas de transmissão;
- c) Distância para subestações;
- d) Distância para rodovias e hidrovias; e
- e) Distância para centros urbanos.

A geração fotovoltaica média anual no plano inclinado foi calculada para cada município da AML. Para as demais variáveis, precisou-se obter os *shapefiles* e suas posições georreferenciadas de cada uma para o cálculo do índice multicritério. Obteve-se os *shapefiles* de linhas de transmissão e de subestações existentes no portal Webmap da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020). Os *shapefiles* de rodovias e hidrovias foram obtidos do Ministério da Infraestrutura (2021). Os *shapefiles* de áreas urbanizadas contendo mais de 100 mil pessoas foram coletados do IBGE e utilizados para a variável de distância aos centros urbanos (IBGE, 2022).

Cada variável é normalizada de 0 a 1, sendo que valores próximos de 1 significam maior proximidade e valores próximos de 0 representam menor proximidade. Para a variável de Potencial de geração fotovoltaica média anual no plano inclinado, cujo cálculo foi detalhado no item anterior, valores próximos de 1 representam maior recurso solar e valores próximos a 0 indicam menor recurso solar. Esse intervalo é segmentado em cinco escalas para todas as variáveis no que diz respeito ao recurso solar para a variável de geração e proximidade para as demais.

- a) Muito baixo: 0 a 0,20
- b) Baixo: 0,20 a 0,40
- c) Médio: 0,40 a 0,60
- d) Alto: 0,60 a 0,80
- e) Muito alto: 0,80 a 1

No entanto, as unidades e padrões de distância das variáveis diferem entre si para as variáveis que consideram distância. Uma distância pode ser curta para linhas de transmissão, mas talvez não seja para subestações. Dessa forma, obtêm-se cinco faixas de distância para cada variável com base na distância média dessas variáveis para as usinas fotovoltaicas já construídas na AML. As distâncias são segmentadas em cinco escalas por meio de quebras naturais de Jenks, mesma metodologia utilizada por Azevêdo (2016). As variáveis e suas cinco escalas são exibidas abaixo. Entre parênteses, está a classificação final do indicador normalizado. Reitera-se que quanto maior a distância, o indicador fica mais próximo de zero e é classificado como “Muito baixo”. Por outro lado, quanto menor a distância, o indicador fica mais próximo de 1 e é classificado como “Muito alto”.

- a) Distância para linhas de transmissão
 - Distância muito próxima (Muito alto): 0 a 6,0 km
 - Distância próxima (Alto): 6,0 a 15,6 km
 - Distância média (Médio): 15,6 a 52,5 km
 - Distância longa (Baixo): 52,5 a 67,7 km
 - Distância muito longa (Muito baixo): Acima de 67,7 km
- b) Distância para subestações
 - Distância muito próxima (Muito alto): 0 a 11,4 km
 - Distância próxima (Alto): 11,4 a 24,8 km
 - Distância média (Médio): 24,8 a 59,3 km
 - Distância longa (Baixo): 59,3 a 115,3 km
 - Distância muito longa (Muito baixo): Acima de 115,3 km
- c) Distância para rodovias e hidrovias
 - Distância muito próxima (Muito alto): 0 a 2,5 km
 - Distância próxima (Alto): 2,5 a 5,7 km
 - Distância média (Médio): 5,7 a 9,6 km
 - Distância longa (Baixo): 9,6 a 15,0 km
 - Distância muito longa (Muito baixo): Acima de 15,0 km
- d) Distância para centros urbanos
 - Distância muito próxima (Muito alto): 0 a 40,1 km
 - Distância próxima (Alto): 40,1 a 87,4 km
 - Distância média (Médio): 87,4 a 143,6 km
 - Distância longa (Baixo): 143,6 a 200,7 km
 - Distância muito longa (Muito baixo): Acima de 200,7 km
- e) Potencial de geração fotovoltaica média anual por município
 - Muito pequena (Muito baixo): 0 a 287,2 kWh/m².ano
 - Pequena (Baixo): 287,2 a 308,1 kWh/m².ano
 - Média (Médio): 308,1 a 329,1 kWh/m².ano
 - Alta (Alto): 329,1 a 350 kWh/m².ano
 - Muito alta (Muito alto): Acima de 350 kWh/m².ano

O índice multicritério é calculado pela média ponderada dos indicadores listados para cada área da AML. Atribui-se um peso a cada variável, com base em Azevêdo (2016): 45% para distância para linhas de transmissão; 33% para geração fotovoltaica média anual por município; 12% para distância para subestações; 6% para distância para rodovias e hidrovias e 4% para distância para centros urbanos. O índice multicritério final pode variar entre 0 e 1. Valores próximos a zero são classificados como “Muito baixo” e representam os locais menos propícios para instalação de usinas fotovoltaicas. Já valores próximos a 1 são classificados como “Muito alto” e representam os locais mais propícios para implementação dessas usinas.

Algumas considerações e tratamentos nos dados foram realizados para o levantamento do potencial uso das áreas. Tais considerações estão descritas a seguir:

- 1) Serão consideradas apenas áreas com índice multicritério superior a 0,60 (Alto ou Muito alto);
- 2) As usinas fotovoltaicas ocuparão uma área equivalente a apenas 1%²¹ de áreas de pastagens, corpos d’água e de cultivo agrícola selecionados;
- 3) Assume-se que a área ocupada pelos módulos fotovoltaicos represente cerca de 58% da área total da usina fotovoltaica em corpos d’água, 50% em pastagens altamente degradadas e 44% em áreas de cultivo agrícola (sistemas agrivoltaicos).

a) Sistemas fotovoltaicos flutuantes

No Brasil, foram catalogados pela Agência Nacional de Águas (ANA) 240.899 corpos d’água, sendo que 22% encontram-se na AML (ANA, 2022). Os dados da ANA classificam os corpos d’água quanto ao tipo (açude, bacia, barragem, córrego, lago, lagoa, represa etc.), à origem (natural ou artificial), à esfera administrativa (estadual ou federal) e ao uso principal (abastecimento humano, aquicultura, contenção de rejeitos de mineração, defesa contra inundações, dessedentação animal, hidrelétrica, irrigação, recreação e regulação da vazão). Os dados disponibilizados pela agência possuem geolocalização, ou seja, podem ser usados para a construção de mapas utilizando programas de sistemas de informações globais (SIG), como o QGIS.

Para seleção inicial dos corpos d’água propícios para a instalação de sistemas flutuantes, foi realizado o seguinte tratamento de dados:

- Seleção de corpos d’água classificados com o tipo de origem artificial;
- Retirada da análise os corpos d’água classificados como rio, córrego, ribeirão e canal pelo fato de apresentarem correnteza, o que dificultaria a instalação de sistemas fotovoltaicos flutuantes;
- Organização de todos os tipos de corpos d’água em seis grupos: represa/açude; lago/lagoa; barragem/barramento; bacia/dique; pequena central hidrelétrica (PCH)/central geradora hidrelétrica (CGH) e usina hidrelétrica (UHE);
- Agrupamento dos corpos d’água quanto ao uso: abastecimento humano, aquicultura, contenção de rejeitos de mineração, defesa de inundações, dessedentação animal, hidrelétrica e irrigação.

Adotou-se que área ocupada pelos módulos fotovoltaicos represente cerca de 58% da área total da usina fotovoltaica nos corpos d’água.

b) Sistemas fotovoltaicos em pastagens altamente degradadas

Segundo dados mais recentes do Mapbiomas, há cerca de 147.586 km² (14,8 milhões de hectares) de pastagens altamente degradadas na AML, ou seja, cerca de 26% do total de pastos no bioma (Mapbiomas, 2022). Essa área está concentrada principalmente nos estados do Mato Grosso, Pará e Tocantins. Considera-se que esses locais teriam áreas ociosas e disponíveis para instalação de usinas fotovoltaicas, sem prejudicar o meio ambiente ou atividades econômicas. As pastagens altamente degradadas são caracterizadas pela acentuada diminuição da produtividade agrícola e da capacidade de regeneração natural. Municípios que apresentam grandes áreas de pastagens degradadas perdem a capacidade econômica proveniente da agricultura e da pecuária devido à queda de produtividade em suas terras. Uma alternativa para retomar o valor das terras é a diversificação de atividade produtiva, nesse caso, produzindo energia a partir da instalação de usinas fotovoltaicas nessas terras. A taxa de ocupação dos módulos fotovoltaicos em relação à área total destinada à instalação é de 50% nesse sistema.

c) Sistemas agrivoltaicos

Com relação a sistemas agrivoltaicos, levantou-se a área de três cultivos agrícolas onde os sistemas fotovoltaicos seriam implementados: mandioca, milho e soja. Há cerca de 17,9 Mha de área cultivada de milho, 1,25 Mha de mandioca e 35,8 Mha de soja na AML, com base no Censo Agropecuário do IBGE (2017). Ao contrário de pastagens degradadas, essas áreas de cultivos agrícolas contêm atividades produtivas que poderiam ser conciliadas com a instalação de sistemas fotovoltaicos. Haveria assim um aumento de produtividade por metro quadrado, com simultânea geração fotovoltaica e produção agrícola.

Alguns trabalhos sugerem que a integração fotovoltaica com certas culturas poderia ocasionar o aumento da produtividade desses cultivos. Em uma experiência realizada em Heggelbach, na Alemanha, mostrou que hortaliças submetidas ao sombreamento cresceram em média 30% em relação a outra área sem sombra (Marrou et al., 2013). No entanto, culturas como o milho podem ser negativamente impactadas à meia sombra devido ao fato de pertencerem ao grupo C4²² e necessitarem de maior luminosidade, o que exige um estudo prévio de espaçamento mais adequado para cada local, sendo recomendado que as reduções de rendimento na cultura não excedam 20% (Fraunhofer, 2020).

O dimensionamento do sistema agrivoltaico depende de vários fatores como:

- Nível de tolerância das culturas agrícolas ao sombreamento, o que leva a espalhamentos maiores ou menores entre as fileiras de painéis;
- Tipo de maquinário necessário ao cultivo, o que determina a altura e o espaçamento das fileiras de painéis;
- Tipo de módulo (monofacial ou bifacial) e sua interferência na passagem de luz;
- Tipos de fundação e estrutura física mais adequados para suportar os módulos fotovoltaicos a fim de não ocupar uma área que poderia ser aproveitada pela cultura e, também, evitar que o sistema seja excessivamente custoso devido à necessidade de material; e
- Índice de irradiação e latitude local interfere na direção que as linhas que o sistema será dimensionado.

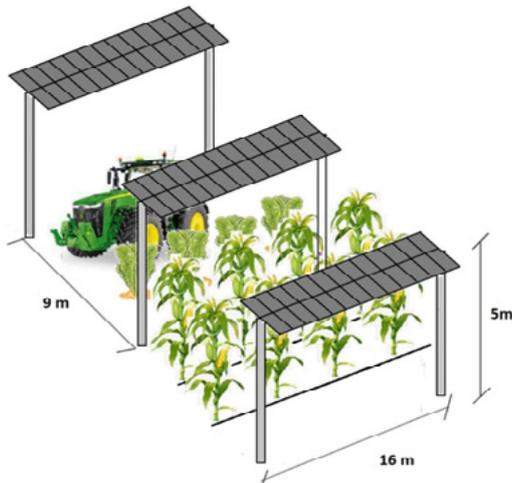
Um relatório publicado pela Fraunhofer (2020) destacou benefícios encontrados na integração entre agricultura e instalação fotovoltaica, tais como:

- Possibilitar o uso de uma mesma área para mais de uma atividade produtiva;
- Proteger culturas contra danos causados por granizo, geada e seca;
- Reduzir custo nivelado de eletricidade (LCOE) em comparação com pequenos sistemas fotovoltaicos de telhado;
- Diversificar a fonte de renda das fazendas, incluindo a geração de energia como fonte de renda e de abatimento de custos com eletricidade;
- Reduzir a necessidade de irrigação em até 20%;
- Reduzir a erosão pela ação do vento;
- Possibilitar a captação de água da chuva para fins de irrigação;
- Permitir o uso da estrutura fotovoltaica para instalar redes de proteção;
- Otimizar a disponibilidade de luz para culturas de maior sensibilidade com o uso de sistemas de rastreamento fotovoltaico;
- Aumentar a eficiência dos módulos bifaciais devido a maior distância em relação ao solo e às linhas de módulos adjacentes; e
- Aumentar a eficiência do módulo através do resfriamento causado pela melhor convecção.

As vantagens apresentadas instigaram a avaliação da implantação desses sistemas fotovoltaicos na AML como forma de aumentar o aproveitamento de áreas onde já existem atividades agrícolas e, dessa forma, oferecer insumos energéticos para serem utilizados na região. A energia proveniente dessa geração pode ser utilizada em agroindústrias que agregam valor aos produtos agrícolas, na redução de custos de energia em fazendas ou para o aproveitamento em outros setores e atividades internas e externas à região.

A concepção do sistema agrivoltaico foi baseada nos projetos apresentados por Fraunhofer (2020). No entanto, algumas adaptações foram feitas para permitir que tratores do tipo colheitadeiras pudessem transitar entre as linhas do sistema fotovoltaico sem tocá-lo. O percentual de ocupação da área de módulos em relação à área total de cultivo é 44%. Os sistemas agrivoltaicos propostos neste trabalho podem ser representados conforme a Figura A11.

Figura A11 | Sistema agrivoltaico



Fonte: Portal Solar (2022).

1) Cálculo do potencial técnico de sistemas fotovoltaicos de geração centralizada

O potencial técnico é calculado através do produto entre a geração fotovoltaica por metro quadrado; a área disponível em corpos d'água, pastagens degradadas ou culturas agrícolas; um coeficiente que representa a fração da área da usina fotovoltaica ocupada apenas por módulos fotovoltaicos e outro coeficiente que indica o percentual de área disponível a ser ocupado pela usina fotovoltaica, conforme exibido na Equação 1. Esse potencial é calculado por município, após a agregação das áreas disponíveis de corpos d'água, pastagens degradadas e de culturas agrícolas por cidade.

Equação 1

$$T = \sum_j fm * fo * A * E(j)$$

- T : potencial técnico anual, medido em GWh/ano
- fm : coeficiente que representa a fração da área da usina fotovoltaica ocupada apenas por módulos. Tal fração é de 58% em corpos d'água; 50% em pastagens degradadas e 44% em áreas de cultivo agrícola, que foram estimados com base em modelagem de sistemas fotovoltaicos no software SAM (System Advisor Model, 2022)

- fo : coeficiente que representa a fração da área total disponível a ser ocupada por usinas fotovoltaicas. Neste caso, é igual a 1%
- A : área disponível, em m^2 , de corpos d'água, pastagens degradadas e áreas de cultivo agrícola com índice multicritério alto ou muito alto
- $E(j)$: geração fotovoltaica em GWh/m^2 no mês j

2) Cálculo do índice de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos de geração centralizada

Sistemas fotovoltaicos de geração centralizada ocupam áreas maiores e fornecem energia elétrica para o Sistema Interligado Nacional e são implementados por meio de leilões no ambiente regulado (ACR) ou no mercado livre (ACL). Produtores rurais podem permitir a instalação desses sistemas em suas propriedades. A receita desses sistemas é oriunda de uma média ponderada dos preços estipulados no leilão para o ACR e para o ACL (Greener Estratégia e Pesquisa, 2020). Uma usina fotovoltaica é considerada economicamente viável quando seu custo nivelado de energia elétrica (LCOE) é inferior ao preço final de energia elétrica.

O LCOE é calculado através da contabilização de todos os custos esperados ao longo da vida útil do sistema fotovoltaico, incluindo construção, financiamento, manutenção, impostos, inflação e

incentivos. A soma de todos esses custos é dividida pela energia elétrica em kWh que será produzida durante a vida útil do sistema (Santos e Lucena, 2021). Considera-se um custo de investimento de R\$ 4/Wp³ para sistemas em corpos d'água e em pastagens degradadas, com base em EPE (2021b). Para sistemas agrivoltaicos, assume-se que o investimento seria cerca de duas vezes maior, de acordo com Fraunhofer (2020), chegando a R\$ 8/Wp. Assume-se um custo anual de manutenção equivalente a 1% do investimento (Mitidieri, 2017).

Um projeto de sistema fotovoltaico para pessoas físicas pode receber financiamento de diversas linhas de crédito, desde construção até linhas específicas voltadas à energia solar, criadas recentemente no Brasil. Neste estudo, assume-se o emprego de uma linha de crédito do Banco do Brasil denominada Inovagro, voltada ao produtor rural, com uma taxa de empréstimo de 7% ao ano (Banco do Brasil, 2021). Considera-se que a fração do investimento inicial financiada será de 80%. Assume-se também que os 20% restantes serão aportados pelo próprio consumidor no mês inicial. Como a linha de crédito supracitada permite que o prazo de pagamento seja de até dez anos, este será o prazo de pagamento aplicado neste estudo. A vida útil da usina fotovoltaica adotada é de 25 anos (Santos e Lucena, 2021).

Considera-se que o painel fotovoltaico degrada a uma taxa de 0,50% ao ano, o que equivaleria a uma perda de eficiência de geração de eletricidade de 0,0417% ao mês (Jordan e Kurtz, 2011). Assume-se uma taxa de desconto de 6% ao ano, com base em estudo do EPE (2021b).

A equação para o LCOE está disposta a seguir. Novamente, fica estabelecido que a parte do investimento inicial que não é financiada será arcada pelo próprio consumidor no mês 0.

Equação 2

$$LCOE_i = \frac{\left[(1-f) \cdot I_{0,i} + \sum_{t=1}^a \frac{P_i^t}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^{300} \frac{C_i^{O\&M}}{(1+r)^t} \right]}{\sum_{j=1}^{12} \sum_{n=0}^{25} \sum_{t=1}^{300} \left[\frac{E_i(j) \cdot d(j) \cdot \bar{A}_i \cdot (1-d_{\text{painel}})^{12 \cdot (n-1) + j}}{(1+r)^t} \right]}$$

- $LCOE_i$: custo nivelado de eletricidade por município i , em R\$/kWh
- A_i : área necessária de módulos fotovoltaicos por propriedade rural por município i , em m²
- $E_i(j)$: energia elétrica média gerada em cada município i em cada mês j , em kWh/m² por mês
- j : mês do ano correspondente, variando de 1 a 12, sendo que 1 representa janeiro e 12, dezembro
- n : número de anos de vida útil, de 1 a 25
- f : fração do investimento inicial que é financiada
- $I_{0,i}$: investimento inicial, custo de aquisição do sistema fotovoltaico, no mês 0 do município i
- a : prazo do financiamento em meses
- P_i^t : pagamento mensal do financiamento, ou seja, o valor das parcelas mensais de empréstimo a serem pagas por mês t em cada município i
- t : número de meses de vida útil do sistema fotovoltaico, variando entre 1 e 300
- $C_i^{O\&M}$: custo mensal de manutenção do município i
- $R_{j,i,n}$: receita ganha pelo sistema fotovoltaico no mês j , no município i , no ano n
- d_{painel} : taxa de degradação do painel
- r : taxa de desconto mensal

3) Cálculo do índice de viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída

Sistemas fotovoltaicos podem reduzir consideravelmente a conta de luz de produtores rurais que já tenham acesso à rede de distribuição de energia elétrica (Santos e Lucena, 2021). Consequentemente, esses produtores podem ter maior margem de lucro sobre seus produtos agrícolas vendidos e até mesmo expandir suas produções sem aumentar os gastos com energia elétrica.

Assume-se que um produtor que queira aumentar sua produção deva arcar com maiores gastos de energia elétrica para atividades como refrigeração de produtos da pecuária ou secagem de grãos. Caso haja mais produtos a serem vendidos, maior será a demanda por refrigeração ou secagem. Sabendo-se que a expansão da produção pode acarretar custos adicionais com energia elétrica, os produtores buscam alternativas para aumentar sua produção e manter suas margens de lucro.

Uma alternativa seria a implementação de energia solar fotovoltaica de geração distribuída, que pode diminuir significativamente a conta de energia elétrica. Por meio das resoluções 482/2012 e 687/2015 da ANEEL, instituiu-se no Brasil o mecanismo de compensação de energia elétrica com uso de sistemas fotovoltaicos, denominado *net metering*, o qual permite que o proprietário de sistemas fotovoltaicos injete sua energia produzida na rede de distribuição e ganhe créditos a serem abatidos de sua conta de luz. Dessa forma, ao instalar um sistema fotovoltaico de geração distribuída, um produtor rural com dado consumo mensal pode aumentar sua demanda sem pagar a mais pela energia elétrica. Assim, produtores podem expandir a produção e o consumo, sem aumentar os gastos com eletricidade (ANEEL, 2012).

Essas premissas justificam-se pela análise da viabilidade econômica desses sistemas em dois cenários: um com consumo médio mensal de um produtor rural da região Norte e outro com consumo médio mensal de um produtor rural do Mato Grosso, estado com maior demanda de energia elétrica e maior produção agrícola dentre os estados da AML (EPE, 2021a).

A análise de viabilidade econômica requer custos e receita com sistemas fotovoltaicos para ser elaborada. Os custos resumem-se basicamente a investimento, pagamentos mensais, caso haja financiamento, e manutenção. A receita é representada pelo valor abatido mensalmente da conta de energia elétrica, já que a regulação não permite que o produtor rural venda o excedente de eletricidade. Portanto, a receita depende primariamente da tarifa vigente. Para o cálculo, considera-se que, por maior que o sistema fotovoltaico seja, a conta de energia elétrica nunca chegará a zero pois o proprietário deve arcar com o custo de disponibilidade, que varia de acordo com o sistema elétrico da propriedade.

Assume-se neste estudo que o custo incide sobre o valor de 100 kWh, que representa sistemas trifásicos (Santos e Lucena, 2021). As tarifas de energia elétrica utilizadas são do grupo rural, que variam de acordo com a distribuidora local. A Tabela A35 exibe os valores das tarifas finais do grupo rural adotadas por estado, estimadas a partir das tarifas convencionais das distribuidoras locais e dos impostos PIS/Cofins e ICMS (Amazonas Energia, 2021; Energisa, 2022; Equatorial Energia, 2022; Santos e Lucena, 2021).

Tabela A31 | Tarifas finais de energia elétrica do grupo rural por estado da Amazônia Legal

Estado	Tarifa final (R\$/kWh)
Acre	0,80
Amapá	0,40
Amazonas	0,80
Maranhão	0,73
Mato Grosso	0,72
Pará	0,96
Rondônia	0,62
Roraima	0,62
Tocantins	0,84

Nota: Resultados do estudo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste estudo, considera-se que os custos anuais com manutenção sejam equivalentes a 1% do investimento (Mitidieri, 2017), e uma taxa de desconto de 6% ao ano (EPE, 2021b). Considera-se uma taxa de empréstimo cobrada por instituição financeira igual a 7% ao ano (0,56% ao mês), com base em na linha de crédito Inovagro do Banco do Brasil, voltada a produtores rurais (Banco do Brasil, 2021). O prazo de pagamento é de 10 anos. A fração do investimento a ser financiada é 80%.

Assume-se que o consumo médio mensal de um estabelecimento agropecuário da região Norte seja de 200 kWh, com base em EPE (2021a). Já o consumo médio mensal de um estabelecimento agropecuário no estado do Mato Grosso, que representa o segundo cenário, é de cerca de 600 kWh, três vezes maior (EPE, 2021a).

Considera-se que os módulos fotovoltaicos utilizados são bifaciais e translúcidos, permitindo a passagem de parte da luz solar, o que seria mais bem adaptado às culturas agrícolas. Dessa forma, escolhe-se para este o estudo o módulo Canadian Solar Inc CS3V - 400 MB- AG. Este módulo tem potência de 400 Wp e uma área de 1,97 m², com eficiência nominal de 20,1% (Canadian Solar, 2022). A análise financeira deste estudo consiste em calcular o custo nivelado de energia elétrica (LCOE) dos sistemas fotovoltaicos desses dois cenários (200 kWh/mês e 600 kWh/mês), assim como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), o *payback* descontado e a economia anual da conta de energia elétrica. A metodologia de cálculo dessas variáveis é a mesma elaborada em Santos e Lucena (2021).

A fórmula para o LCOE é igual à utilizada no cálculo de viabilidade dos sistemas de geração centralizada. O VPL é obtido por uma fórmula matemática que determina o valor presente de custos e receitas futuros descontados a uma taxa de juros, menos o custo do investimento inicial (Santos e Lucena, 2021). Os pagamentos futuros são contabilizados pelos abatimentos anuais na conta de luz, com o fluxo de caixa incluindo o que o produtor deixa de pagar para a companhia de luz e eventuais custos de operação e manutenção (Santos e Lucena, 2021).

Na aplicação da fórmula do VPL, somam-se todos os custos e receitas obtidos no intervalo de 300 meses, descontando-se os valores por respectivo mês para o valor presente. A Equação 4 indica o cálculo para o VPL. Considera-se que a parte do investimento inicial não financiada pela instituição financeira é arcada pelo próprio consumidor no mês 0. Os sistemas fotovoltaicos são dimensionados de acordo com o consumo mensal de energia elétrica da propriedade rural. Portanto, primeiro calcula-se a área do sistema fotovoltaico necessária para atender à demanda de energia da propriedade. Em seguida, sabendo-se a geração fotovoltaica por metro quadrado, obtém-se a geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico e, conseqüentemente, sua receita, que é o valor financeiro a ser abatido da conta de energia elétrica a cada mês (Santos e Lucena, 2021). A Equação 3 exibe o cálculo da área do sistema fotovoltaico por propriedade rural.

Equação 3

$$\bar{A}_i = \frac{12 \cdot (K_i - Z)}{\sum_j E(i, j)}$$

- K_i : consumo médio mensal de energia elétrica de uma propriedade rural no município i , em kWh/mês. Assume-se neste estudo valores de 200 kWh/mês e de 600 kWh/mês para K_i . Para sistemas agrivoltaicos de geração distribuída voltados a atender a demanda de gado, utiliza-se o consumo mensal de 16 kWh/cabeça
- \bar{A}_i : área média de sistema fotovoltaico para atender a uma demanda média mensal K_i de uma propriedade rural no município i
- Z : custo de disponibilidade mensal, que é o valor mínimo a ser cobrado na conta de energia elétrica. Neste estudo, assume-se que as propriedades rurais com acesso à energia elétrica são trifásicas e que Z é igual a 100 kWh (Santos e Lucena, 2021)
- $E(i, j)$: geração fotovoltaica média por mês j no município i , em kWh/m²

Sabendo-se a área de sistemas fotovoltaicos, pode-se estimar quanto o produtor rural pode abater da conta de energia elétrica a cada mês. Com os dados de entrada de investimento, condições de financiamento e manutenção, pode-se calcular o VPL, cuja fórmula está descrita a seguir.

Equação 4

$$VPL_i = -(1-f) \cdot I_{0,i} - \sum_{t=1}^a \frac{P_t^f}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^{300} \frac{C_t^{O\&M}}{(1+r)^t} + \sum_{j=1}^{12} \sum_{n=1}^{25} \sum_{t=1}^{300} \left[\frac{R_{j,i,n}}{(1+r)^t} \right]$$

- $I_{0,i}$: investimento inicial, custo de aquisição do sistema fotovoltaico, no mês 0 do município i
- f : fração do investimento inicial que é financiada
- P_t^f : pagamento mensal do financiamento, ou seja, o valor das parcelas mensais de empréstimo a serem pagas por mês t em cada município i

- t : número de meses de vida útil do sistema fotovoltaico, variando entre 1 e 300
- a : prazo do financiamento em meses
- $C_i^{O\&M}$: custo mensal de manutenção do município i
- $R_{j,i,n}$: receita ganha pelo sistema fotovoltaico no mês j , no município i , no ano n
- r : taxa de desconto mensal

Assume-se neste estudo que o investimento é igual a R\$ 8/Wp, um custo maior do que a média pelo uso de módulos fotovoltaicos bifaciais para sistemas agrivoltaicos, que são mais caros, e pelo custo adicional com a montagem da estrutura para esses sistemas sobre as culturas agrícolas (Fraunhofer, 2020). A taxa de desconto é de 6% ao ano. A taxa de empréstimo é de 7% ao ano e assume-se que a manutenção anual é equivalente a 1% do custo de investimento. A fórmula da TIR leva em consideração as condições de financiamento e a área necessária de sistemas fotovoltaicos por propriedade rural que visa abastecer seu consumo próprio, conforme exibida na Equação 5. Considera-se também que a parte do investimento inicial não financiada pela instituição financeira é arcada pelo próprio consumidor no mês 0.

Equação 5

$$0 = -(1-f) \cdot I_{0,i} - \sum_{t=1}^a \frac{P_i^t}{(1+TIR_i^{mensal})^t} - \sum_{t=1}^{300} \frac{C_i^{O\&M}}{(1+TIR_i^{mensal})^t} + \sum_{j=1}^{12} \sum_{n=1}^{25} \sum_{t=1}^{300} \left[\frac{R_{j,i,n}}{(1+TIR_i^{mensal})^t} \right]$$

- TIR_i^{mensal} : taxa interna de retorno mensal para o município i
- f : fração do investimento inicial que é financiada
- $I_{0,i}$: investimento inicial, custo de aquisição do sistema fotovoltaico, no mês 0 do município i
- a : prazo do financiamento em meses
- P_i^t : pagamento mensal do financiamento, ou seja, o valor das parcelas mensais de empréstimo a serem pagas por mês t em cada município i

- t : número de meses de vida útil do sistema fotovoltaico, variando entre 1 e 300
- $C_i^{O\&M}$: custo mensal de manutenção do município i
- i : mês correspondente, variando de 1 a 12, sendo que 1 representa janeiro e 12, o mês de dezembro
- n : número de anos de vida útil, de 1 a 25
- $R_{j,i,n}$: receita ganha pelo sistema fotovoltaico no mês j , no município i , no ano n

6.4 Recursos locais para microrredes

Uma vez que as regiões objeto de estudo possuem grandes desafios logísticos e por isso são isoladas, as soluções propostas para geração de eletricidade devem priorizar a utilização de recursos locais. No contexto da promoção de atividades da bioeconomia, faz sentido que esses recursos sejam renováveis, para diminuição do impacto ambiental e perpetuação do suprimento de eletricidade. Atualmente os sistemas isolados obtêm energia elétrica majoritariamente por meio de geradores a diesel.

A Tabela 32 mostra os recursos que foram mapeados nesses sistemas isolados e regiões remotas da Amazônia e explica sua utilização para geração de energia.

As tabelas A33 e A34, mostram o resultado desse mapeamento com a identificação dos recursos locais disponíveis nos sistemas isolados e nos municípios das regiões remotas analisados. Os recursos de biomassa identificados para geração de energia se referem somente a resíduos e, dessa forma, não resultam em mudança de uso do solo. Como resultado do mapeamento, foram encontradas diversas possibilidades de geração de eletricidade para as microrredes da Amazônia.

Tabela A32 | Recursos para geração de energia em microrredes da Amazônia

Fonte	Descrição
Ventos acima de 7 m/s a 100 m	Esse recurso foi mapeado para identificar sistemas isolados e regiões remotas adequados para implementação de microrredes com geração de energia eólica.
Áreas altamente degradadas	Essa identificação se refere aos sistemas isolados e regiões remotas com pastagens altamente degradadas e demanda adequada para implementação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica de grande porte.
Massas d'água artificiais	Essa identificação se refere aos sistemas isolados e regiões remotas com massas d'água artificiais e demanda adequada para implementação de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica de grande porte.
Resíduos sólidos urbanos	Esse mapeamento estimou quanto da demanda de energia poderia ser suprida caso todos os resíduos do município fossem destinados à microrrede para geração de energia.
Resíduos agrícolas	Para geração de energia por meio do gás de síntese, resultante da gaseificação de resíduos agrícolas, foram consideradas somente regiões que não são urbanas.
Resíduos da bioeconomia	Locais com produção de cacau e de açaí foram identificados para geração de eletricidade por meio do biogás e gás de síntese provenientes, respectivamente, da biodigestão e gaseificação de seus resíduos.
Rios a menos de 5 km	Devido à escassez de dados referentes à velocidade dos rios da Amazônia, para identificação de regiões com potencial de utilização da energia hidrocinética, foram identificados os sistemas isolados e regiões remotas a menos de 5 km de distância de rios. Para esses locais também foi considerado o armazenamento por meio do hidrogênio, que utiliza água como reagente.

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.



Foto: Paralaxis/Shutterstock.

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (continua)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km²)	Área de massas d'água artificiais (km²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
Jordão	AC	69,08				0,30%	Mandioca (casca)	0,90%	Açaí	0,022%	
Marechal Thaumaturgo	AC	99,89				0,40%			Açaí	0,107%	
Porto Walter	AC	83,24				0,30%			Açaí	0,070%	
Santa Rosa do Purus	AC	74,25				0,30%			Açaí	0,011%	
Alvarães	AM	17,20				5,80%	Mandioca (casca)	3,60%	Açaí	3,500%	Rio Solimões
Amaturá	AM	10,33				2,40%			Açaí	0,800%	Rio Solimões
Anamã	AM	14,24				2,10%			Açaí	2,500%	Rio Solimões
Anori	AM	23,91				1,90%			Açaí	4,700%	Rio Solimões
Apuí	AM	32,22				1,50%			Açaí	0,028%	
Sucunduri	AM	3,27				14,70%			Açaí	0,276%	Rio Sucunduri
Estirão do Equador	AM	2,95				14,90%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	1,000%	Rio Javari
Palmeiras	AM	2,95				14,90%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	1,000%	
Autazes	AM	50,77				3,60%			Açaí	0,046%	
Novo Céu	AM	36,60				5,00%	Mandioca (casca)	0,01%	Açaí	0,073%	
Vila Urucurituba	AM	1,48				123,40%	Mandioca (casca)	0,90%	Açaí	1,811%	
Barcelos	AM	25,83				2,30%			Açaí	0,251%	
Carvoeiro	AM	1,37				43,10%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	2,400%	
Moura	AM	1,57				37,70%	Mandioca (casca)	1,10%	Açaí	2,100%	
Barreirinha	AM	28,29		0,033		2,50%			Açaí	0,099%	Rio Andirá
Pedras	AM	4,00		0,062		17,40%			Açaí	0,698%	
Benjamin Constant	AM	53,16				4,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,101%	Rio Javari
Feijoa	AM	5,24				43,20%			Açaí	1,000%	Rio Solimões
Beruri	AM	16,41				2,60%			Açaí	0,632%	
Itapuru	AM	3,40				12,70%	Mandioca (casca)	0,02%	Açaí	3,000%	
Boa Vista do Ramos	AM	35,36				1,20%			Açaí	0,014%	
Boca do Acre	AM	58,23		0,517		1,80%			Açaí	0,588%	
Axinim	AM	8,09				26,40%			Açaí	1,100%	
Borba	AM	40,16				5,30%			Açaí	0,225%	
Arara	AM	2,42				11,80%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	13,100%	
Caapiranga	AM	13,53				2,10%			Açaí	2,400%	
Belo Monte	AM	1,21				28,10%			Açaí	0,126%	
Canutama	AM	12,03				2,80%			Açaí	0,013%	Rio Mucuí
Carauari	AM	41,63				2,60%			Açaí	1,200%	
Castanho	AM	111,04				0,70%			Açaí	0,096%	
Careiro	AM	13,41				4,90%	Mandioca (casca)	2,40%			
Parauá	AM	4,58				14,40%	Mandioca (casca)	3,00%			
Coari	AM	85,50				128,20%			Açaí	1,400%	Rio Solimões
Codajás	AM	37,57				1,70%			Açaí	46,600%	Rio Solimões
Murituba	AM	1,31				47,80%	Mandioca (casca)	0,28%	Açaí	1.337,700%	Rio Solimões

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (continuação)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
Eirunepé	AM	39,69		0,049		3,40%			Açaí	0,271%	
Envira	AM	17,22				2,50%			Açaí	0,392%	Rio Tarauacá
Fonte Boa	AM	34,96				1,20%	Mandioca (casca)	0,17%	Açaí e cacau	0,487%	Rio Solimões
Guajará	AM	19,64			0,268	2,40%			Açaí	1,200%	
Auxiliadora	AM	6,55				21,30%	Mandioca (casca)	11,20%	Açaí	53,800%	Rio dos Marmelos
Ipixuna	AM	14,32				4,60%			Açaí	0,041%	
Lindóia	AM	5,90				65,90%	Mandioca (casca)	0,08%	Açaí	16,700%	Rio Urubu
Vila Remanso	AM	25,13				15,50%	Mandioca (casca)	4,10%	Açaí	3,900%	
Itamarati	AM	10,64				3,70%			Açaí	2,700%	
Japurá	AM	1,83				2,60%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	2,300%	Rio Japurá
Limoeiro	AM	10,43				0,50%	Mandioca (casca)	1,40%	Açaí	0,396%	Rio Japurá
Vila Bitencourt	AM	3,73				1,30%			Açaí	2,200%	Rio Japurá
Juruá	AM	11,02				2,90%			Açaí	2,200%	
Jutáí	AM	27,06				1,10%			Açaí	0,636%	Rio Solimões
Lábrea	AM	49,02				3,60%			Açaí	4,900%	
Campinas	AM	3,60				79,30%	Mandioca (casca)	0,24%	Açaí	0,751%	
Caviana	AM	5,57				51,30%			Açaí	1,500%	
Sacambu	AM	4,26				67,10%	Mandioca (casca)	0,18%	Açaí	0,635%	
Tuiué	AM	5,89				48,50%	Mandioca (casca)	0,32%	Açaí	0,459%	Rio Solimões
Manaquiri	AM	22,87				4,10%			Açaí	2,900%	Rio Solimões
Manicoré	AM	54,58				4,50%			Açaí	1,100%	
Matupí	AM	23,34				10,60%	Mandioca (casca)	1,40%	Açaí	2,600%	
Maraã	AM	17,58				2,20%	Mandioca (casca)	0,12%	Açaí	0,250%	Rio Japurá
Maués	AM	55,40				2,50%			Açaí	0,234%	Rio Maués-Açu
Nhamundá	AM	22,44				3,80%			Açaí	0,015%	
Nova Olinda do Norte	AM	43,33		0,042		2,30%			Açaí	0,632%	
Novo Airão	AM	34,45				1,40%			Açaí	0,227%	
Novo Aripuanã	AM	34,04				1,60%			Açaí	2,100%	
Caborí	AM	19,97				22,70%			Açaí	0,159%	
Vila Amazônia	AM	13,16				34,50%			Açaí	0,242%	
Pauini	AM	13,13				3,20%			Açaí	0,022%	
Santa Isabel do Rio Negro	AM	13,63				4,70%	Mandioca (casca)	0,01%	Açaí	1,300%	
Alterosa	AM	3,93				11,60%			Açaí	1,700%	Rio Içá
Betânia	AM	5,96				7,60%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,700%	Rio Içá
Ipiranga	AM	3,54				12,90%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	1,300%	Rio Içá
Santo Antônio do Içá	AM	26,34				1,70%	Mandioca (casca)	0,05%	Açaí	0,169%	Rio Solimões
Cucuí	AM	2,95				33,70%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	4,700%	
Iauarete	AM	5,24				19,00%			Açaí	1,300%	

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (continuação)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
São Gabriel da Cachoeira	AM	64,65				1,50%			Açaí	0,108%	
Santa Rita do Well	AM	4,70				18,30%	Mandioca (casca)	0,23%	Açaí	0,156%	Rio Solimões
São Paulo de Olivença	AM	20,35				4,20%	Mandioca (casca)	0,22%	Açaí	0,036%	Rio Solimões
Santana do Uatumã	AM	2,42				12,70%			Açaí	2,400%	Rio Uatumã
São Sebastião do Uatumã	AM	11,56				2,70%			Açaí	0,499%	Rio Uatumã
Belém do Solimões	AM	3,59				70,90%			Açaí	1,700%	Rio Solimões
Tabatinga	AM	105,86				2,40%			Açaí	0,057%	Rio Solimões
Camaruã	AM	1,52				24,10%	Mandioca (casca)	18,90%	Açaí	30,500%	
Tapauá	AM	20,77				1,80%			Açaí	2,200%	
Caiambé	AM	9,17				21,00%	Mandioca (casca)	30,30%	Açaí	3,400%	Rio Solimões
Tefé	AM	154,07				1,30%	Mandioca (casca)	0,10%	Açaí	0,204%	
Tonantins	AM	16,05				2,50%	Mandioca (casca)	2,70%	Açaí	0,578%	Rio Solimões
Uarini	AM	17,14				1,70%			Açaí	1,000%	Rio Solimões
Urucará	AM	23,61				1,60%			Açaí	1,100%	Rio Uatumã
Augusto Montenegro	AM	1,79				30,50%			Açaí	3,500%	
Urucurituba	AM	30,04				1,80%			Açaí	0,209%	
Sucuriçu	AP	1,09				18,90%			Açaí	2,200%	Rio Sucuriçu
Conceição do Muriacá	AP	0,59				187,90%	Mandioca (casca)	103,50%	Açaí	5,600%	
São Francisco do Iratapuru	AP	0,57			13,275	195,90%	Mandioca (casca)	58,70%	Açaí	5,900%	
Bailique	AP	11,55				169,00%			Açaí	1,600%	
Franco Grande	AP	0,42				4.593,20%	Soja	1,50%	Açaí	6,200%	
Freguesia do Bailique	AP	0,52				3.726,20%	Soja	0,16%	Açaí	5,000%	
Jangadinha do Curuá	AP	0,31				6.361,80%	Soja	478,30%	Açaí	8,600%	
Limão do Curuá L	AP	0,45				4.291,50%	Soja	1,10%	Açaí	5,800%	
Livramento	AP	0,44				4.451,60%	Soja	1.078,70%	Açaí	6,000%	
Maranata	AP	0,61				3.210,80%	Soja	778,00%	Açaí	4,300%	
Ponta da Esperança	AP	0,40				4.876,90%	Soja	650,10%	Açaí	6,600%	
Oiapoque	AP	79,43				0,80%			Açaí	0,021%	Rio Oiapoque
Cassiporé	AP	0,84				71,70%	Mandioca (casca)	203,00%	Açaí	0,567%	Rio Cassiporé ou Caciporé
Espírito Santo	AP	0,39				154,20%	Mandioca (casca)	0,30%	Açaí	1,200%	
Kumarumã	AP	2,62				23,10%	Mandioca (casca)	0,13%	Açaí	0,183%	
Kumenê	AP	1,26				48,20%	Mandioca (casca)	0,14%	Açaí	0,381%	
Kunanã	AP	0,33				181,80%	Mandioca (casca)	0,09%	Açaí	1,400%	Rio Oiapoque
Samaúma	AP	0,03				1.963,50%			Açaí	15,500%	
Santa Izabel	AP	0,66				92,20%	Mandioca (casca)	0,14%	Açaí	0,729%	

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (continuação)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
Vila Velha	AP	0,84				71,70%			Açaí	2,000%	Rio Cassiporé ou Caciporé
São João do Rio Cajari	AP	0,79				179,00%	Mandioca (casca)	225,40%	Açaí	6,500%	
Izidolândia	RO	69,34		51,56		0,70%	Milho	2,10%	Açaí e cacau	0,048%	
Rolim de Moura do Guaporé	RO	67,45		14,54		0,70%	Milho	3,40%	Açaí e cacau	0,049%	
Urucumacua	RO	2,93		32,12		8,20%	Soja	705,90%	Açaí	0,047%	
Surpresa	RO	67,29		8,91		2,60%	Mandioca (casca)	1,70%	Açaí	0,347%	
Conceição da Galera	RO	21,04				95,90%	Mandioca (casca)	9,70%	Açaí e cacau	1,055%	
Demarcação	RO	27,11				74,50%	Mandioca (casca)	16,10%	Açaí e cacau	0,819%	
Maici	RO	8,12				248,70%	Mandioca (casca)	31,60%	Açaí e cacau	2,700%	
Santa Catarina	RO	23,01				87,70%	Mandioca (casca)	4,90%	Açaí e cacau	0,965%	
Pedras Negras	RO	23,95				1,80%	Soja	0,00%	Açaí	0,025%	
Tepequém	RR	233,23				0,10%	Arroz (Palha)	0,00%	Açaí	0,008%	
Com. Ind. Santa Inez	RR	2,00				14,30%	Arroz (Palha)	71,20%	Açaí	0,305%	
Com. Ind. São Marcos	RR	8,00				199,30%	Soja	0,09%	Açaí	0,020%	
Lago Grande 2 Interligada	RR	19,99				79,70%	Soja	0,21%	Açaí	0,008%	
Com. Ind. Darora	RR	8,00				199,30%	Soja	113,10%	Açaí	0,020%	
Lago Grande	RR	19,99				2,50%	Milho	0,00%	Açaí	0,010%	Rio Branco
Panacarica	RR	19,99				2,50%	Milho	0,00%	Açaí	0,004%	Rio Branco
Sacaí	RR	39,98				1,20%	Milho	0,00%	Açaí	0,002%	Rio Branco
Santa Maria do Xeruinim	RR	19,99				2,50%	Milho	0,00%	Açaí	0,004%	Rio Branco
São Francisco do Baixo Rio Branco	RR	3,33				14,70%	Milho	63,90%			
Vila Terra Preta	RR	19,99				2,50%	Milho	0,02%	Açaí	0,004%	
Vila Cachoeirinha	RR	50,64				1,00%	Milho	0,00%	Açaí	0,002%	Rio Branco
Vila Caicubi	RR	73,30				0,70%	Milho	0,00%	Açaí	0,001%	
Com. Ind. Cobra	RR	2,33				25,00%	Mandioca (casca)	261,30%	Cacau	0,459%	
Com. Ind. Soma	RR	2,33				25,00%	Mandioca (casca)	261,30%	Cacau	0,459%	
Com. Ind. Catual	RR	2,33				25,00%	Mandioca (casca)	343,90%	Cacau	0,459%	
Com. Ind. do Jatapuzinho	RR	8,00				7,30%	Mandioca (casca)	100,30%	Açaí	19,600%	
Com. Ind. Maracá	RR	2,00				29,20%	Mandioca (casca)	401,20%	Cacau	0,500%	
Com. Ind. Araçá de Normandia	RR	21,32	7,67			1,20%	Arroz (Palha)	0,34%			
Com. Ind. Napoleão	RR	43,98	7,73			0,60%	Arroz (Palha)	0,60%			
Com. Ind. Olho D'Água	RR	8,00				3,10%	Arroz (Palha)	0,14%			
Com. Ind. Xumina	RR	21,32				1,20%	Arroz (Palha)	0,34%			
Com. Ind. do Canavial	RR	0,12	7,69			208,00%	Arroz (Palha)	9.604,90%			

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (continuação)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
Com. Ind. Congresso	RR	3,33	7,71			7,50%	Arroz (Palha)	0,15%			
Com. Ind. do Gavião	RR	8,00	7,18			3,10%	Arroz (Palha)	0,14%			
Com. Ind. do Patativa	RR	2,00				12,50%	Arroz (Palha)	0,53%			
Com. Ind. Santa Cruz	RR	2,00	7,71			12,50%	Arroz (Palha)	1,10%			Rio Maú ou Ireng
Vila Milagre	RR	3,33				7,50%	Arroz (Palha)	1,20%			Rio Tacutu
Com. Ind. Pacú	RR	3,33	7,44			7,50%	Arroz (Palha)	0,60%			
Com. Ind. Coqueirinho	RR	8,00				3,10%	Arroz (Palha)	0,60%			
Com. Ind. Feliz Encontro	RR	59,97				0,40%	Arroz (Palha)	9,10%			
Surumú	RR	133,27				0,40%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,001%	
Boca da Mata	RR	43,98				1,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,004%	
Com. Ind. Santa Rosa	RR	8,00				7,20%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,024%	
Com. Ind. Entroncamento	RR	8,00				7,20%	Mandioca (casca)	9,50%	Açaí	0,024%	
Com. Ind. do Perdiz	RR	3,33				17,30%	Mandioca (casca)	0,02%	Açaí	0,183%	
Com. Ind. Maruwai	RR	3,33				17,30%	Mandioca (casca)	50,20%			
Com. Ind. Sorocaima	RR	8,00				7,20%	Mandioca (casca)	10,30%	Açaí	0,076%	
Com. Ind. Sorocaima II	RR	3,33				17,30%	Mandioca (casca)	0,02%	Açaí	0,058%	
Com. Ind. Guariba	RR	3,33				17,30%	Mandioca (casca)	0,02%			
Com. Ind. Bananal	RR	14,66				3,90%	Mandioca (casca)	5,60%	Açaí	0,013%	
Com. Ind. Ingarumã	RR	3,33				17,30%	Mandioca (casca)	0,05%			
Com. Ind. Sabiá	RR	3,33	7,90			17,30%	Mandioca (casca)	17,80%			
Santa Maria do Boiaçú	RR	133,27				0,50%	Mandioca (casca)	0,01%	Açaí	0,028%	
Com. Ind. Xixuaú	RR	8,00				8,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,461%	
Samaúma	RR	8,00				8,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,461%	
Santa Maria Velha	RR	8,00				8,30%	Mandioca (casca)	24,70%	Açaí	0,461%	Rio Branco
Vila Tanauaú	RR	2,00				33,40%	Mandioca (casca)	220,30%			
Vila Dona Cota	RR	6,00				11,10%	Mandioca (casca)	0,00%			Rio Branco
Vila Floresta	RR	19,99				3,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,184%	
Vila Itaquera	RR	19,99				3,30%	Mandioca (casca)	0,01%	Açaí	0,184%	
Vila Remanso	RR	19,99				3,30%	Mandioca (casca)	0,00%	Açaí	0,184%	
São Pedro	RR	5,33				12,50%	Mandioca (casca)	62,30%			
Vila Bela Vista	RR	3,33				20,00%	Mandioca (casca)	293,50%			
Way Way Samaúma	RR	3,33				6,60%	Banana (casca)	0,00%			
Uiramutã	RR	319,86				0,10%					
Água Fria	RR	43,98	7,12			0,50%	Mandioca (casca)	0,01%			

Tabela A33 | Recursos encontrados em cada sistema isolado (conclusão)

Sistema isolado	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda do SI?	Resíduos agrícolas		Resíduos da Bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda do SI	Tipo	% da demanda do SI	
Com. Ind. do Flexal	RR	21,32				1,10%	Mandioca (casca)	0,01%			
Com. Ind. do Maracanã	RR	10,66	7,39			2,20%	Mandioca (casca)	0,02%			
Com. Ind. do Cajú	RR	8,00	7,37			2,90%	Mandioca (casca)	0,02%			
Com. Ind. do Ticoça	RR	8,00	7,43			2,90%	Mandioca (casca)	0,12%			
Socó	RR	21,66	7,46			1,10%	Mandioca (casca)	0,01%			
Vila Mutum	RR	21,32	7,65			1,10%	Mandioca (casca)	0,01%			
Com. Ind. Caraparú IV	RR	8,00	7,14			2,90%	Mandioca (casca)	0,02%			
Com. Ind. Nova Aliança	RR	3,33	8,82			7,00%	Mandioca (casca)	38,80%			
Com. Ind. Caraparú III	RR	3,33	7,40			7,00%	Mandioca (casca)	76,60%			
Com. Ind. Maturuca	RR	14,66	7,56			1,60%	Mandioca (casca)	0,03%			
Com. Ind. Monte Muriá I	RR	3,33				7,00%	Mandioca (casca)	124,20%			
Com. Ind. Monte Muriá II	RR	3,33	7,34			7,00%	Mandioca (casca)	6,70%			
Com. Ind. Pedra Preta	RR	3,33	7,11			7,00%	Mandioca (casca)	0,05%			
Com. Ind. Enseada	RR	3,33	7,82			7,00%	Mandioca (casca)	0,10%			
Com. Ind. Santa Creuza	RR	0,06	7,40			411,70%	Mandioca (casca)	7.291,20%			
Com. Ind. Pedra Branca	RR	4,00	7,40			5,80%	Mandioca (casca)	12,10%			
Com. Ind. Nova Jerusalém	RR	5,33	7,55			4,40%	Mandioca (casca)	8,80%			
Com. Ind. Serra do Sol	RR	4,00				5,80%	Mandioca (casca)	0,14%			
Com. Ind. Vizeu	RR	4,66				5,00%	Mandioca (casca)	10,40%			

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A34 | Recursos encontrados em cada município das regiões remotas (continua)

Municípios com regiões remotas	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km²)	Área de massas d'água artificiais (km²)	RSU do município atende quanto da demanda?	Resíduos agrícolas		Resíduos da bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda	Tipo	% da demanda	
Sena Madureira	AC	8,87				20%	Mandioca (casca)	2.119%	Açaí	0,4%	
Porto Acre	AC	3,49				12%	Mandioca (casca)	3.192%	Açaí	0,8%	
Brasiléia	AC	2,60		4,973	0,049	64%	Mandioca (casca)	3.346%	Açaí	0,5%	
Xapuri	AC	2,42				17%	Mandioca (casca)	3.278%	Açaí	0,5%	
Mâncio Lima	AC	2,36				17%	Mandioca (casca)	2.820%	Açaí	1,1%	
Bujari	AC	2,34				19%	Mandioca (casca)	11.598%	Açaí	0,1%	
Coari	AM	16,05		0,350		683%	Mandioca (casca)	61%	Açaí e cacau	11,5%	
Boca do Acre	AM	4,64				22%	Mandioca (casca)	48%	Açaí e cacau	23,5%	
Tabatinga	AM	4,12				62%	Mandioca (casca)	19%	Açaí	1,0%	
Ipixuna	AM	3,50				19%	Mandioca (casca)	104%	Açaí	0,1%	
Guajará	AM	2,76		2,20		17%	Mandioca (casca)	231%	Açaí	0,3%	
Lábrea	AM	2,52				70%	Mandioca (casca)	2.927%	Açaí	40,8%	
Eirunepé	AM	2,03				66%	Mandioca (casca)	434%	Açaí	2,0%	
Envira	AM	1,56				28%	Mandioca (casca)	1.075%	Açaí	1,9%	
Juruá	AM	1,44				23%	Mandioca (casca)	48%	Açaí	7,1%	
Pedra Branca do Amapari	AP	0,74				51%	Mandioca (casca)	854%	Açaí	2,5%	
Cutias	AP	0,25				55%	Mandioca (casca)	4.431%	Açaí	3,0%	
Bom Jardim	MA	2,34		957,960	0,064	41%	Soja	2.685%			
Bom Jesus das Selvas	MA	2,19				33%	Milho	308%			
São Félix de Balsas	MA	0,36				26%	Soja	1.904%			
Gaúcha do Norte	MT	0,97				17%	Soja	408%			
Breves	PA	24,98				16%	Mandioca (casca)	12%	Açaí	24,4%	
Portel	PA	12,42		0,680		11%	Mandioca (casca)	523%	Açaí	20,7%	
Melgaço	PA	10,54				6%	Mandioca (casca)	33%	Açaí e cacau	18,6%	
Currálinho	PA	10,18		0,040		7%	Mandioca (casca)	43%	Açaí	50,2%	
Limoeiro do Ajuru	PA	9,15				19%	Mandioca (casca)	41%	Açaí e cacau	247,9%	
Cametá	PA	6,86				95%	Mandioca (casca)	150%	Açaí e cacau	164,2%	
Oriximiná	PA	5,97				57%	Mandioca (casca)	3.446%	Açaí	0,6%	
Bagre	PA	5,12		0,040		13%	Mandioca (casca)	135%	Açaí	110,5%	
Ponta de Pedras	PA	4,99				14%	Mandioca (casca)	17%	Açaí	97,6%	
Medicilândia	PA	1,77				38%	Banana (casca)	738%	Açaí e cacau	3.931,5%	
Monte Negro	RO	3,86				9%	Mandioca (casca)	1.538%	Açaí e cacau	8,49%	
Buritis	RO	2,59				33%	Mandioca (casca)	986%	Açaí e cacau	390,9%	
Theobroma	RO	2,29				10%	Mandioca (casca)	587%	Cacau	77,49%	

Tabela A34 | Recursos encontrados em cada município das regiões remotas (conclusão)

Municípios com regiões remotas	UF	Demanda da bioeconomia em 2050 (GWh)	Vento acima de 7 m/s a 100 m	Área de pastagem altamente degradada (km ²)	Área de massas d'água artificiais (km ²)	RSU do município atende quanto da demanda?	Resíduos agrícolas		Resíduos da bioeconomia		Rios a menos de 5 km
							Tipo	% da demanda	Tipo	% da demanda	
Nova Mamoré	RO	2,16				48%	Mandioca (casca)	1.654%	Açaí e cacau	5,4%	
Alto Alegre	RR	3,43				10%	Soja	2.544%			
Amajari	RR	2,52		0,040		11%	Arroz (Palha)	2.988%	Açaí	0,3%	
Caroebe	RR	1,89		0,530		31%	Mandioca (casca)	5.011%	Açaí	40,8%	
Iracema	RR	1,10				62%	Mandioca (casca)	9.387%			
São João da Baliza	RR	0,66				33%	Banana (casca)	1.260%	Açaí	8,8%	
Aragominas	TO	1,08				13%	Milho	60%			
Caseara	TO	0,73				17%	Soja	14.578%			
Marianópolis do Tocantins	TO	0,70				29%	Soja	100%			

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

6.5 Soluções de transporte

Os serviços básicos relacionados ao transporte de passageiros estão diretamente atrelados a disponibilidade de veículos, eficiência veicular, intensidade de deslocamento dos passageiros e oferta de energia na região. Nesse contexto, foi desenvolvido um modelo paramétrico para avaliar o comportamento de tais variáveis diante de cenários alternativos de desenvolvimento. Destacam-se na sequência os principais resultados.

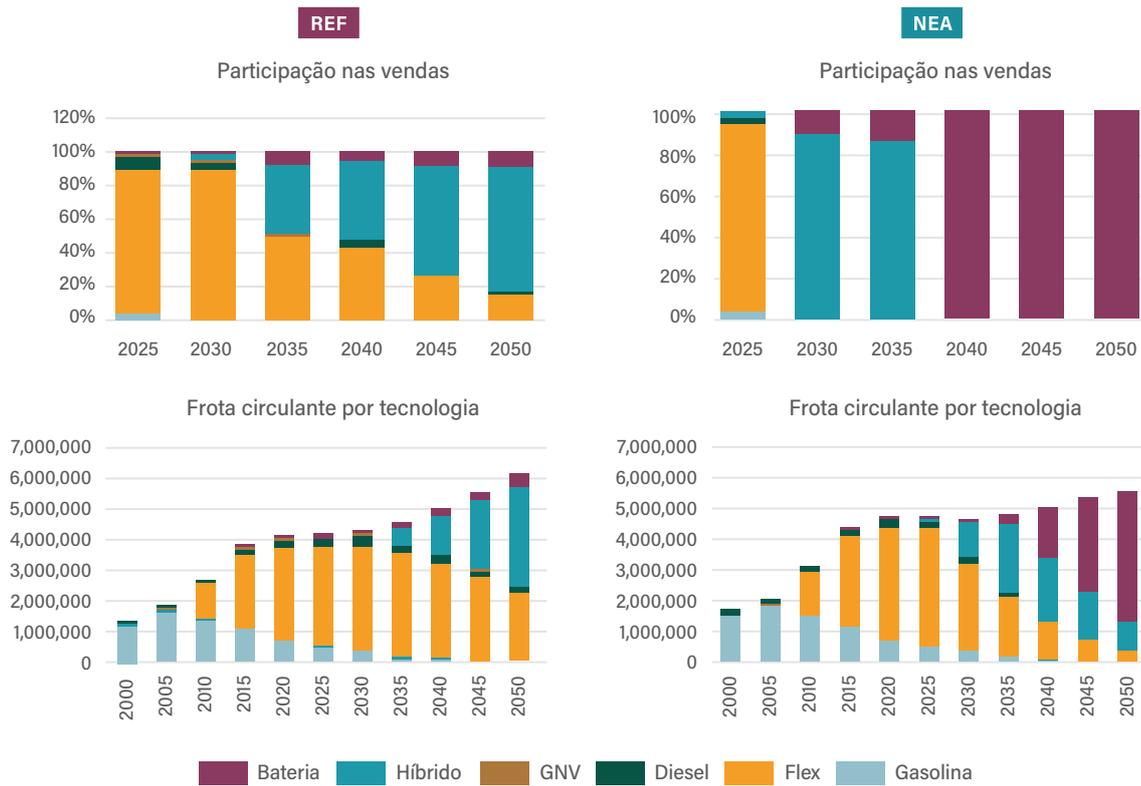
a) Transporte rodoviário de passageiros

As frotas estimadas de veículos leves nos cenários de linha de base e alternativo podem ser observadas no Gráfico A11. A premissa

fundamental é que, a partir de 2040, os veículos elétricos terão seu custo de aquisição comparado ao dos veículos a combustão interna. Dessa forma, a frota circulante passa gradualmente a ter um maior número de veículos elétricos.

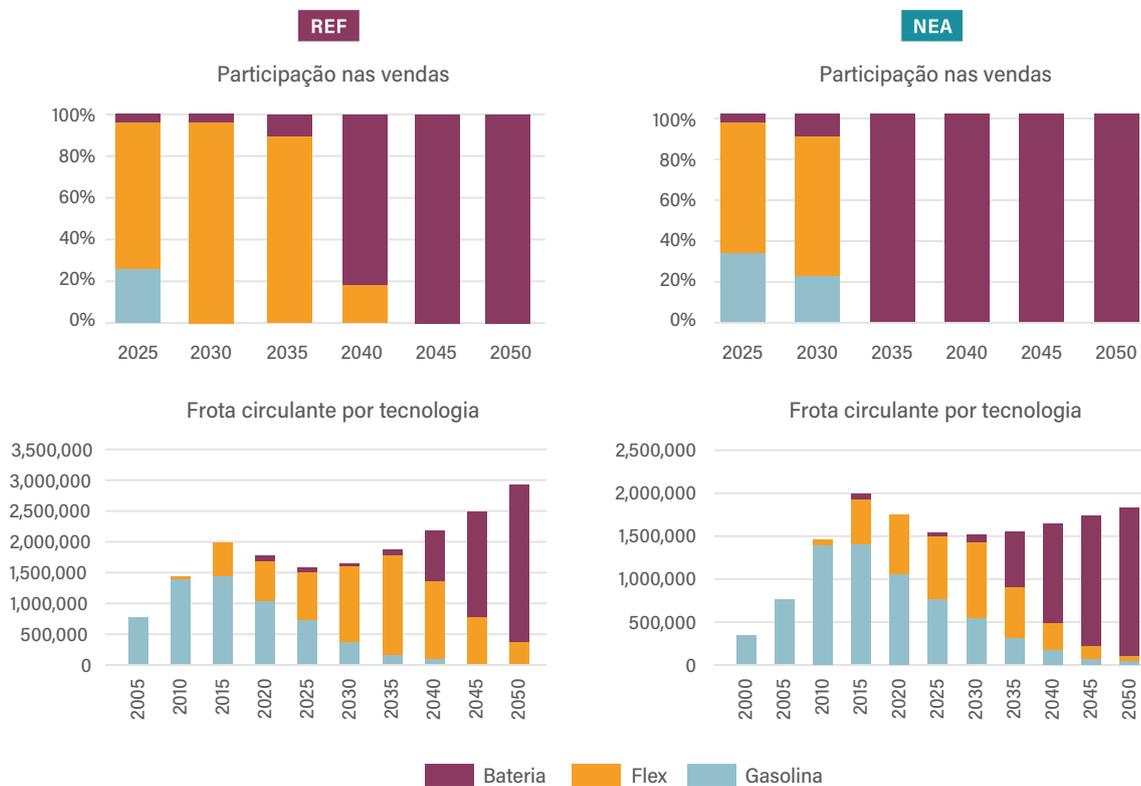
A mesma lógica foi aplicada ao segmento de motocicletas, no entanto, considerou-se que os preços de aquisição de veículos elétricos e a combustão se equiparem em 2035, como demonstrado no Gráfico A12. Isso se justifica pelo peso dos veículos e pela necessidade reduzida de bateria, fatores que favorecem a difusão das motocicletas elétricas comparada à de veículos de grande porte.

Gráfico A11 | Impacto das premissas na composição da frota de veículos leves



Nota: Resultados do estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico A12 | Impacto das premissas na composição da frota de motocicletas

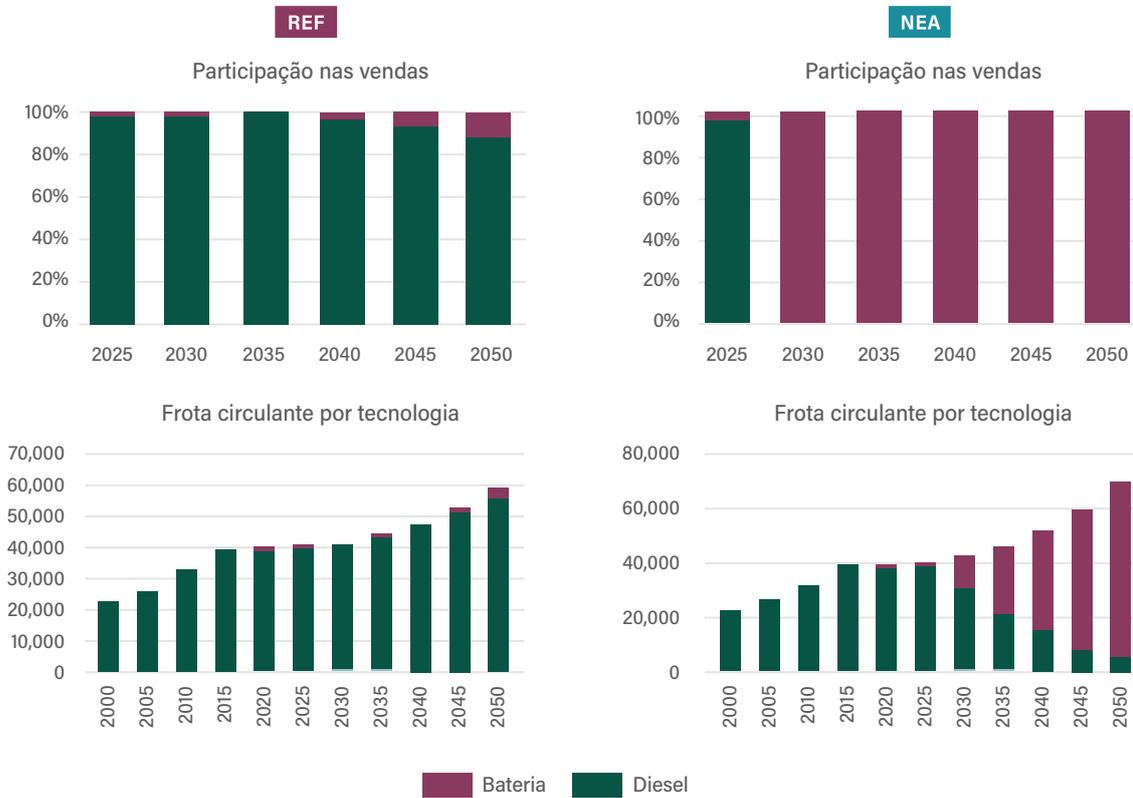


Nota: Resultados do estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o segmento de ônibus, levou-se em conta que a partir de 2030 a venda de veículos a combustão será proibida em concessões públicas. O efeito de tal política atrelada à taxa de sucateamento favorece a

composição da frota circulante na região, que passa a ser majoritariamente de veículo elétricos a bateria, em 2050, conforme observado no Gráfico A13.

Gráfico A13 | Impacto das premissas na composição da frota



Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

b) Transporte rodoviário de carga

O papel do transporte rodoviário precisa ser redefinido visando uma exploração racional de suas características. Para o transporte de carga de longa distância, onde for possível, devem ser priorizadas alternativas com baixa intensidade de carbono e que requeiram infraestrutura de menor impacto, como por meio de cursos hídricos navegáveis existentes em alguns estados da Amazônia. Em razão da elevada flexibilidade de operação do modal rodoviário, ele representaria papel importante em trajetos de curta distância, como no transporte urbano de cargas, ou como extensor ou conector da malha hidroviária.

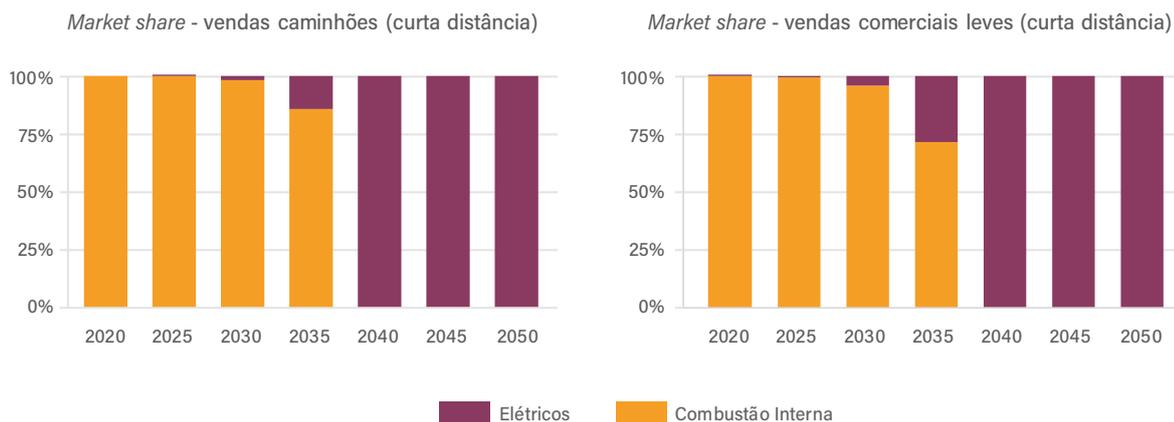
Ademais, na medida em que um cenário NEA deve contemplar uma abordagem integrada de soluções, ressalta-se a importância de alternativas técnico-energéticas, bem como estratégias de eficiência e otimização logística, para a redução de GEE.

A movimentação de bens através do transporte rodoviário de cargas está intimamente relacionada ao nível de atividade econômica de determinada região, assim como está associada ao abastecimento das indústrias e dos mercados locais ou para o escoamento da produção. Para o exercício de cenarização do transporte rodoviário de cargas, desenvolveu-se um modelo paramétrico alinhado às perspectivas de crescimento econômico propostas para a região amazônica.

Na trajetória definida como linha de base, considerou-se a conservação dos padrões existentes na conjuntura atual: manutenção da composição do óleo diesel, do padrão de motorização dos veículos (combustão interna) e do fator de ocupação, assim como a priorização da expansão do modal rodoviário alinhada às tendências históricas nacionais.

Considerando que o nível de consumo energético e de emissões de GEE estão diretamente associados ao tipo de tecnologia de propulsão vigente, exibe-se no Gráfico A14 o perfil de penetração das tecnologias alternativas propostas sobre as vendas de novos veículos no cenário NEA.

Gráfico A14 | Evolução do mercado de veículos rodoviários de cargas no cenário NEA (% novas vendas)



Nota: Resultados do estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

O perfil de penetração adotado é compatível com as perspectivas apontadas por estudos nacionais (Anfavea, 2021). O grande diferencial está na proposta de uma política de banimento da produção de veículos de combustão interna a partir de 2040. O estoque de veículos, ou frota veicular, é regulado pelo balanço entre o fluxo de entrada de novos veículos e o fluxo de saída, este último definido por taxas de sucateamento. Portanto, o consumo energético é regulado a partir da eficiência de operação das novas tecnologias de propulsão veicular, e a trajetória de emissões é reduzida de acordo com o nível de penetração de combustíveis de baixa emissão.

Por fim, a análise do padrão dos deslocamentos no transporte rodoviário, bem como da disponibilidade de cursos hídricos navegáveis, permitiu avaliar o potencial de absorção do modal hidroviário no que diz respeito à movimentação de cargas. Como resultado, parece relevante para a mudança de modal o maior escoamento de cargas de Mato Grosso e do Pará a partir da navegação interior.

c) Transporte fluvial de carga

Além do fato de a AML ter uma extensa rede fluvial, o transporte hidroviário é favorecido por ser o modal com a maior eficiência por tonelada transportada (Trancossi, 2015). Assim, o cenário NEA traz uma extensão do uso das hidrovias em detrimento do modal rodoviário, que é menos eficiente, mais emissivo e tem maior potencial de desmatamento.

O modal fluvial de carga passa por uma mudança fortemente calcada na substituição das fontes fósseis para a eletrificação das rotas nas quais o uso de baterias esteja disponível e seja economicamente viável, além do uso de biocombustíveis oriundos de resíduos locais. A otimização das rotas e das embarcações é outro componente fundamental para o setor, visto que a maximização de capacidade das embarcações, o controle de velocidade e o uso de tecnologias mais eficientes tendem a causar um efeito benéfico no consumo energético do modal, diminuindo a demanda energética por tonelada-quilômetro.

Do ponto de vista de infraestrutura, o maior impacto seria a viabilização da hidrovia que liga os rios Juruena e Teles Pires, o que aliviaria o uso das rodovias entre os estados de Mato Grosso e Pará, importantes rotas para o transporte de grãos oriundos do estado mato-grossense. A Tabela A41 apresenta o resultado das mudanças do setor com as soluções propostas. Para o cenário de biomobilidade, o aumento do uso do transporte fluvial de cargas e, por consequência, o aumento da tonelada-quilômetro e da demanda energética contrastam com a redução das emissões de GEE durante o uso final ocasionada pela alteração dos vetores energéticos empregados.

Para 2050, é previsto apenas o uso de biocombustíveis e de eletricidade no transporte fluvial de carga.

Para a quantificação da demanda energética e de emissões, foram utilizados dados característicos de embarcações disponíveis em Carvalho (2020), Royal Institution of Naval Architects (2019) e IMO (2020).

Já a evolução de demanda do transporte hidroviário de carga na AML foi estimada a partir da metodologia aplicada pela Agência Nacional de Transportes Aquáticos (ANTAQ/UFPA, 2018), além de ser considerado um aumento da eficiência das embarcações, por conseguinte, diminuindo o consumo específico. No cenário NEA, há uma migração do modal rodoviário de carga para o hidroviário no trecho que liga Mato Grosso e Pará por conta da viabilização da hidrovia que conecta os rios Juruena e Teles Pires (Amorin e Lopes, 2017). Por conta dessa migração, em 2050, a demanda energética do modal rodoviário de carga diminui aproximadamente 5%, enquanto a demanda energética do modal hidroviário de carga é acrescida em quase 35%, uma vez que o modal rodoviário apresenta maior demanda que o hidroviário.

A substituição dos combustíveis fósseis pela eletrificação ou pelo uso de biocombustíveis foi aplicada na construção das projeções. Para a estimativa de viabilidade de eletrificação da rota, foram adotados custos de baterias, eletricidade (Mauler et al. 2021) e motores marítimos (Kim et al. 2020). A partir desses dados, foi possível pressupor a eletrificação da rota através do alcance máximo de determinados tipos de embarcações utilizando baterias ao invés de motores convencionais. Com isso, foi possível calcular e projetar a demanda energética da eletrificação das embarcações que levam cargas. Já para os

biocombustíveis, foram utilizadas as estimativas de consumo projetadas pela modelagem. No cenário NEA, em 2050, cerca de 31% do modal hidroviário de carga emprega eletricidade como vetor energético, enquanto o restante é abastecido por biocombustíveis.

d) Transporte aéreo e fluvial de passageiros

O setor aéreo é responsável pela conexão direta da região amazônica com o resto do mundo para o transporte de pessoas e cargas de alto valor agregado, assim como dentro da região devido às grandes distâncias. Dessa maneira, é fundamental que sua eficiência seja a mais elevada possível a fim de que a penetração do modal seja mais ampla e seu efeito dinamizador impacte de maneira positiva a economia. Com a evolução da tecnologia de baterias, a adoção do transporte aéreo de propulsão elétrica – inicialmente em rotas regionais e de menor volume e, posteriormente, evoluindo com a melhoria da tecnologia – impactará extensivamente o emprego do modal, uma vez que a região amazônica é justamente o tipo de mercado que mais se beneficiará desse tipo de aeronave. É estimado um aumento de 230% do transporte aéreo em passageiros-quilômetro transportados até 2050 na região, e a eletrificação poderá ser responsável pela viabilização de boa parte dessas rotas.

O transporte fluvial, outra frente do transporte de passageiros em longas distâncias na região, também será impactado pela eletrificação do transporte aéreo. O uso de aeronaves elétricas do tipo hidroavião em substituição às rotas regulares de transporte fluvial pode trazer ganhos da ordem de bilhão de reais anuais em produtividade recuperada para a economia local, sem a necessidade de investimento massivo em infraestrutura aeroportuária devido à utilização da infraestrutura já existente para o transporte fluvial. A eletrificação do setor aeronáutico representa ainda uma oportunidade econômica para a economia local, devido às sinergias com diversas indústrias presentes (automotiva, naval, eletrônica), que tornam a região um polo potencial para essa nova indústria.

Para rotas mais longas e aeronaves maiores, a viabilidade da eletrificação dessas rotas será atingida gradualmente devido às limitações de performance da tecnologia de baterias, porém, ao longo dos anos

é previsto que o transporte de menor curso esteja quase totalmente coberto por aeronaves elétricas e que o restante das aeronaves seja suprido por biocombustíveis aeronáuticos. Do mesmo modo, devido ao baixo nível tecnológico do modal fluvial de passageiros e cargas mistas, não é prevista sua eletrificação, exceto em rotas regulares de travessia, de modo que a demanda energética restante poderá ser suprida por biocombustíveis até 2050. O emprego de novas tecnologias, o aumento da eficiência e a substituição modal possibilitariam uma redução da demanda energética em 27,5% em 2050 em relação ao cenário REF e, também, a redução quase integral das emissões diretas de GEE.

O emprego de drones para transporte sob demanda de bens de alto valor agregado também poderá se tornar um fator de alavancagem para a economia local, pois já atualmente é vantajosa economicamente em várias aplicações. Ainda assim, para que isso se torne realidade, é necessário que a ANAC libere as operações de aeronaves autônomas e remotamente pilotadas além do alcance visual.

Para projetar a evolução de demanda dos transportes aéreo e fluvial, foram utilizadas metodologias padrão de estimativa de mercado da Associação Internacional de Transporte Aéreo e da Agência Nacional de Transportes Aquáticos (ANTAQ/UFPA, 2018) e de Smyth e Pearce (2018). Devido ao caráter fundamental e à baixa possibilidade de substituição modal do par aéreo e fluvial de passageiros na região amazônica, utilizou-se como premissa a recuperação integral da demanda de transporte aéreo pré-2020, baseada nos dados operacionais compilados disponibilizados pelo governo brasileiro (ANAC, 2019; ANTAQ/UFPA, 2018), bem como fatores históricos de aumento de eficiência tecnológica (Kozuba e Ojciec, 2019).

Basearam-se em bibliografia específica as metodologias de substituição modal entre o transporte de passageiros fluvial e aéreo, a estimativa de emissões do transporte fluvial e a eletrificação do transporte aéreo (Lanaro, 2021).

Devido à realidade econômica e tecnológica encontrada na região amazônica, foram considerados apenas caminhos de substituição com viabilidade econômico-financeira e manutenção ou redução do nível de complexidade tecnológica necessária. Assim, foram excluídas da análise as opções baseadas em tecnologias com níveis baixos de maturidade de aplicação no horizonte tecnológico previsto ou aquelas que significam um aumento de custo total de transporte em relação às opções tecnológicas e modais concorrentes. Do mesmo modo, foram desconsideradas as tecnologias com risco ambiental elevado para o ecossistema amazônico (amônia, metanol). Também devido a essas premissas, o transporte fluvial privado não foi considerado susceptível à eletrificação devido ao elevado custo e ciclos operacionais não condutivos à viabilidade econômica da substituição de custos operacionais pela amortização dos custos de capital empenhados na aquisição ou retrofit de embarcações existentes com sistemas motopropulsores elétricos com armazenamento eletroquímico.

Para a substituição modal, levou-se em consideração um faseamento gradual compatível com a taxa de substituição da frota média corrente a partir do momento em que ocorre a viabilidade técnico-econômica da aplicação do modal.

As análises realizadas na seção de transporte de passageiros aéreo e fluvial foram suportadas pelas projeções econômicas e populacionais obtidas no escopo deste relatório.

As soluções finais do cenário NEA são comparadas com o cenário REF que inclui melhorias de eficiência e estão detalhadas no material suplementar. A infraestrutura do setor de transporte foi segmentada – em transportes rodoviário de passageiros e de cargas, fluvial de cargas e aéreo e fluvial de passageiros – para permitir a identificação de oportunidades e desafios mais representativos e adequados às atividades do setor e suas peculiaridades na região da AML. As soluções, metas de desenvolvimento e principais recomendações para a mobilidade na NEA estão descritas na Tabela A35.

Tabela A35 | Soluções do transporte rodoviário de passageiros para a NEA

Soluções	Prazos			Recomendações e alavancagem política modelada
	Até 2025	Até 2035	Até 2050	
Eletrificar frota de veículos leves	0,1%	6%	75%	<ul style="list-style-type: none"> -Política de tributação diferenciada dos veículos visando equiparar o preço dos elétricos aos de combustão interna em 2040 -Isenção do IPVA para veículos elétricos -Políticas de incentivo à circulação e estacionamento de veículos elétricos -Investimento em pesquisa e desenvolvimento para viabilização da produção nacional de veículos elétricos, além de campanhas publicitárias visando incentivar efeitos de inovação e imitação
Eletrificar frota de motocicletas	1%	42%	95%	<ul style="list-style-type: none"> -Política de tributação diferenciada dos veículos visando equiparar o preço dos elétricos aos de combustão interna em 2035 -Isenção do IPVA para veículos elétricos -Políticas de incentivo à circulação e estacionamento de veículos elétricos
Eletrificar frota de transporte público	0,1%	53%	94%	<ul style="list-style-type: none"> -Políticas de concessão de transporte público visando a eletrificação da frota a partir de 2030 -Políticas de incentivos tributários aos ônibus elétricos
Aumentar o uso do transporte público (passageiros-quilômetro em relação ao cenário REF)	10%	16%	30%	<ul style="list-style-type: none"> -Incentivar, via condições do contrato de concessão, o aumento do número de micro-ônibus e da frequência do transporte público -Políticas de incentivo ao aumento da qualidade e da utilização do transporte público -Implementação de faixas exclusivas de circulação para o transporte público -Implementação de sistemas sobre trilhos nos grandes centros urbanos
Aumentar o uso de soluções de micromobilidade (p-km em relação ao cenário REF)	110%	128%	96%	<ul style="list-style-type: none"> -Políticas de incentivo à micromobilidade e à oferta de serviços -Estabelecimento de linhas de financiamento ao longo da cadeia produtiva da micromobilidade -Políticas de transferência modal, visando a substituição do transporte individual pela micromobilidade

Nota: Resultados do estudo.
 Fonte: Elaborado pelos autores.



Foto: Karoline Barros/WRI Brasil.

Tabela A36 | Soluções do transporte rodoviário de carga para a NEA

Categoria	Medida	Prazos			Recomendações e alavancagem política modelada
		Até 2025	Até 2035	Até 2050	
Transporte de carga de longa distância	Uso de biocombustíveis avançados Evolução da fração renovável no óleo diesel	13%	16%	100%	<ul style="list-style-type: none"> •Subsídios financeiros sobre os biocombustíveis avançados •Investimento em pesquisa e desenvolvimento para viabilização de produção descentralizada em biorrefinarias de pequena escala •Regulamentação para o crescimento progressivo do teor volumétrico de diesel verde no óleo diesel •Estabelecimento de linhas de financiamento ao longo da cadeia produtiva
Transporte de carga de longa distância	Mudança de modal: rodoviário-hidroviário Percentual absorvido pelo modal hidroviário em estados viáveis	0%	5%	20%	<ul style="list-style-type: none"> •Investimentos em infraestrutura hidroviária e terminais intermodais •Adoção de ferramentas de tecnologia da informação para otimização, segurança e monitoramento logístico •Coordenação integrada entre provedores logísticos hidroviários e contratantes: facilitação na provisão e troca de informações, sincromodalidade •Instrumentos regulatórios e subsídios financeiros •Compensação em mudança modal por unidade de tonelada-quilômetro •Restrição ao peso e tamanho de veículos de carga •Tarifação por satélite (pedágio por distância em caminhões) •Cooperação horizontal para consolidação de carga/carregamentos •Aprimoramento do controle da perecibilidade dos bens transportados
Transporte de carga de curta distância	Eletrificação da frota Evolução do mercado de caminhões elétricos (% vendas)	0,2%	14%	100%	<ul style="list-style-type: none"> •Políticas de restrição de vendas de veículos a combustão interna a partir de 2030 •Isenção do valor do IPVA para veículos elétricos •Realização de campanhas e programas para incentivar efeitos de inovação e imitação •Estabelecimento de linhas de crédito para aquisição de novos veículos elétricos •Investimento em infraestrutura de recarga
	Evolução do mercado de comerciais leves eletrificados (% vendas) Evolução do mercado de comerciais leves eletrificados (% vendas)	0,5%	28%	100%	

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A37 | Soluções do transporte hidroviário de carga para a NEA

Soluções	Prazos			Recomendações e alavancagem política modelada
	Até 2025	Até 2035	Até 2050	
Eletrificação e uso de baterias	0,1%	3%	31%	<ul style="list-style-type: none"> -Realização de campanhas para incentivar inovações no setor hidroviário. -Redução das taxas de atracagem para embarcações com baterias -Incentivos fiscais para a aquisição do sistema bateria-motor elétrico
Uso de biocombustíveis avançados	0,1%	7%	69%	<ul style="list-style-type: none"> -Investimento em pesquisa e desenvolvimento para viabilização de produção descentralizada em biorrefinarias de pequena escala -Redução das taxas de atracagem e tancagem para embarcações que utilizam biocombustíveis -Regulamentação de crescimento progressivo do teor volumétrico de diesel verde no diesel marítimo -Estabelecimento de linhas de financiamento ao longo da cadeia produtiva

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A38 | Soluções do transporte hidroviário de passageiros para a NEA

Soluções	Prazos			Recomendações e alavancagem política modelada
	Até 2025	Até 2035	Até 2050	
Eletrificação da frota aeronáutica	0%	9%	58%	<ul style="list-style-type: none"> -Incentivo ao desenvolvimento e fabricação de aeronaves elétricas -Disponibilização de infraestrutura de carregamento e troca de baterias em aeroportos -Adequação da rede elétrica para suporte da demanda
Uso de biocombustíveis	0,1%	8%	42%	<ul style="list-style-type: none"> -Implementação gradual da obrigatoriedade de mistura de óleos biocombustíveis ao diesel e querosene de aviação -Implementação de redes de recuperação de insumos para fabricação de biocombustíveis (rejeitos agrícolas, industriais e urbanos) -Pesquisa em processos de transformação adequados aos insumos disponíveis para redução de custos de combustíveis -Subsídios à implantação de usinas de biocombustíveis
Substituição modal do transporte fluvial de passageiros pelo aeronáutico eletrificado	0%	23%	63%	<ul style="list-style-type: none"> -Incentivo ao setor de hidroaviação -Incentivo ao desenvolvimento e fabricação de aeronaves adequadas ao transporte na região -Criação de polo aeronáutico regional

Nota: Resultados do estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações sobre FINANCIAMENTO

7.1 Gastos públicos e a Nova Economia da Amazônia

Este estudo busca compreender em que medida os gastos públicos da União contribuem com os objetivos da NEA. Para isso, foram selecionadas as despesas públicas alinhadas aos objetivos do desenvolvimento sustentável da região, com a floresta em pé. Essas despesas foram capturadas em seu nível mais detalhado nas leis orçamentárias, em um intervalo de seis anos, entre 2016 e 2022, período em que também foi analisada a execução dos gastos públicos, até o desembolso final do dinheiro arrecadado com impostos e contribuição²⁴.

Dados extraídos do Sistema Integrado de Administração Financeira (Siafi) do Tesouro Nacional mostram que os valores desembolsados em ações alinhadas aos objetivos acima entre 2016 e 2021 ficaram a cada ano bem abaixo de 0,1% da despesa total da União, já excluídos os gastos com pagamento de juros da dívida pública. Ao longo do período analisado, as taxas de desmatamento da Amazônia registraram quatro anos de aumentos seguidos – de 6,9 mil quilômetros quadrados, em 2017, para 13,2 mil quilômetros quadrados, em 2021 –, de acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

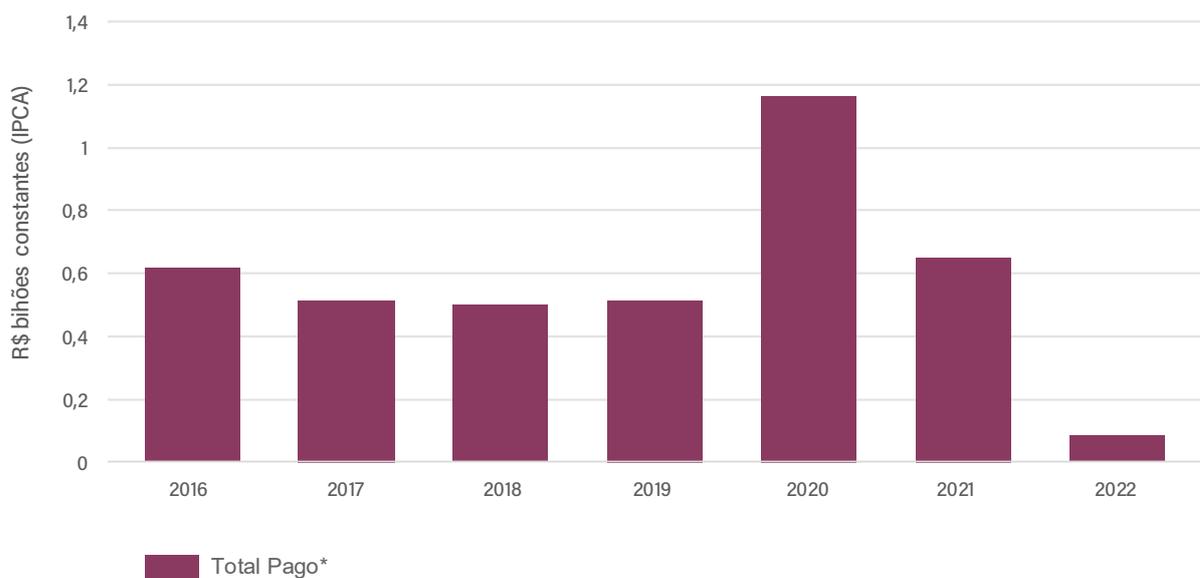
No melhor ano da série, 2020, os gastos para combater o desmatamento e manter a floresta em pé²⁵

passaram pela única vez da marca de R\$ 1 bilhão e representaram o equivalente a 0,045% dos gastos totais da União, já excluídas as despesas com o pagamento de juros da dívida pública. O aumento das despesas se deveu sobretudo à Operação de Garantia da Lei e da Ordem intitulada Verde Brasil 2, quando os militares assumiram o comando do combate ao desmatamento. Uma análise mais detalhada dos gastos militares mostra despesas mais vultosas com o uso e manutenção de aeronaves, mas revela que o Ministério da Defesa também gastou dinheiro público que seria para combater o desmatamento com gêneros de alimentação, manutenção de prédios e até no item "bandeiras, fâmulas e insígnias". A operação coincidiu com mais um recorde na devastação da floresta.

Em valores já corrigidos pela inflação, foram desembolsados durante todo o período analisado, de 2016 a março de 2022, R\$ 4 bilhões²⁶ no conjunto de despesas destinadas ao combate ao desmatamento, às áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), à conservação da biodiversidade e à regularização fundiária.

Não existiam em 2016 gastos destinados à bioeconomia. Os primeiros gastos públicos, ainda com pesquisa e inovação em bioeconomia, foram registrados em 2017. A partir de 2020, passaram a contar com uma ação orçamentária específica. Ao longo do período analisado, a bioeconomia teve desembolsados pelos cofres públicos R\$ 9,7 milhões²⁷, em valores já corrigidos pela inflação.

Gráfico A15 | Desembolsos públicos para o desenvolvimento com a floresta em pé, de 2016 a março/2022



*De 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, até março. Valores pagos com os orçamentos anuais, acrescidos dos restos a pagar pagos.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

O principal obstáculo enfrentado nesta pesquisa, no entanto, foi a falta de transparência dos gastos com a agricultura de baixo carbono, que deveriam lidar com a segunda maior fonte de emissões de GEE na AML e no Brasil. A parcela mais importante dos gastos com a redução das emissões da agropecuária diz respeito à equalização de juros no crédito rural. Mas as despesas com esses subsídios são registradas pelo Tesouro Nacional sem distinção entre a agricultura de baixo carbono e a agricultura convencional²⁸.

Entre as limitações do estudo está ainda o fato de nem todas as despesas com monitoramento do desmatamento, por exemplo, se apresentarem no sistema do Tesouro Nacional com gastos destinados exclusivamente à Amazônia, mas a todos os biomas.

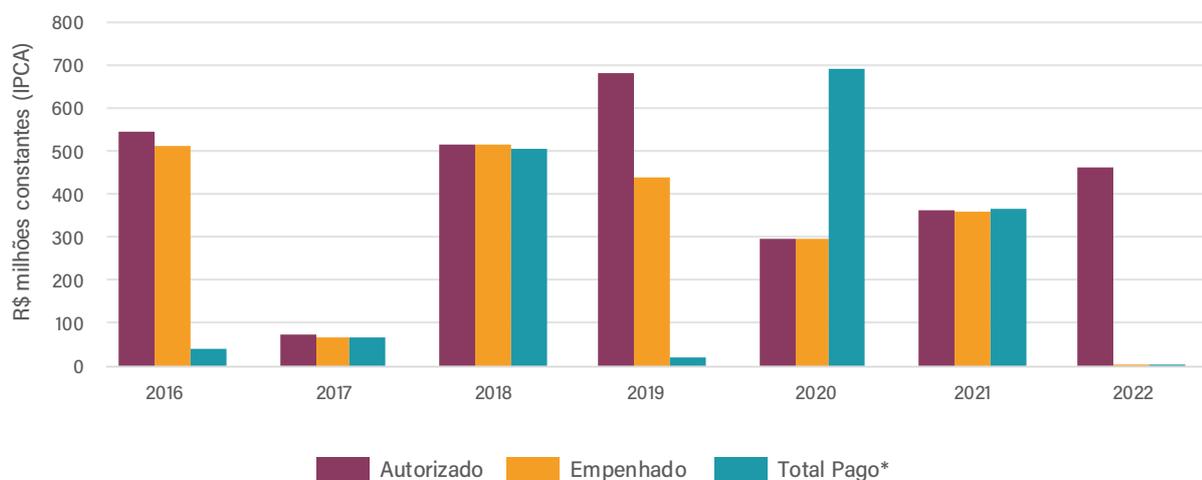
Foram analisados aqui os gastos feitos a partir dos impostos e contribuições recolhidos pela União. O estudo avança na execução de financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) apenas quando os recursos para os empréstimos foram transferidos do Tesouro Nacional, por meio do programa orçamentário intitulado Mudança do Clima.

a) Discussão e principais resultados

O objetivo de "implementar políticas, ações e medidas para o enfrentamento da mudança do clima e dos seus efeitos, fomentando uma economia resiliente e de baixo carbono"²⁹, aparentemente ambicioso e alinhado com a NEA, está contido em um único programa orçamentário, intitulado Mudança do Clima, que captura apenas parte dos gastos que nos interessam neste estudo e onde os gastos com a Amazônia tampouco aparecem separados do conjunto.

A maior parte do dinheiro desse programa é transferida ao BNDES para empréstimos, por meio do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, o Fundo Clima. Com o fluxo lento³⁰, esses empréstimos têm se concentrado nos últimos anos na geração de biogás, no aumento da produção de cana-de-açúcar e em usinas fotovoltaicas. O Fundo Clima acumulava no final de 2021 R\$ 1,4 bilhão para novas contratações, de acordo com informação do BNDES³¹.

Gráfico A16 | Gastos com mitigação das emissões e adaptação às mudanças climáticas, de 2016 a março/2022 (Programa Mudança do Clima)



*Valores pagos com os orçamentos anuais, acrescidos dos restos a pagar pagos.

De 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, dotação autorizada para o ano e valores empenhados e totais pagos até março.

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

As ações que dizem respeito mais diretamente à redução de emissões de GEE e ao desenvolvimento econômico com a floresta em pé foram rastreadas a partir das descrições detalhadas de cada uma delas³². Para compor essa parte do estudo, foram capturadas ações orçamentárias nos ministérios do Meio Ambiente, Agricultura e Pecuária, Ciência, Tecnologia e Inovação, Justiça e Defesa, já excluídos gastos com pagamento de pessoal, para que se limite aos chamados gastos finalísticos. Essas ações tratam de políticas públicas que respondem ao combate ao desmatamento e à manutenção da floresta em pé:

combate ao desmatamento, implementação e gestão de Unidades de Conservação, demais ações para a conservação da biodiversidade, regularização de Terras Indígenas, regularização fundiária e bioeconomia.

Nem todas as ações selecionadas têm seus gastos limitados à Amazônia, como foi dito anteriormente. O monitoramento por satélites do desmatamento e das queimadas, sob responsabilidade do Inpe, por exemplo, se estende a outros biomas e não há como separar os gastos por região. Quando possível, essa separação foi feita, como no caso da regularização fundiária.

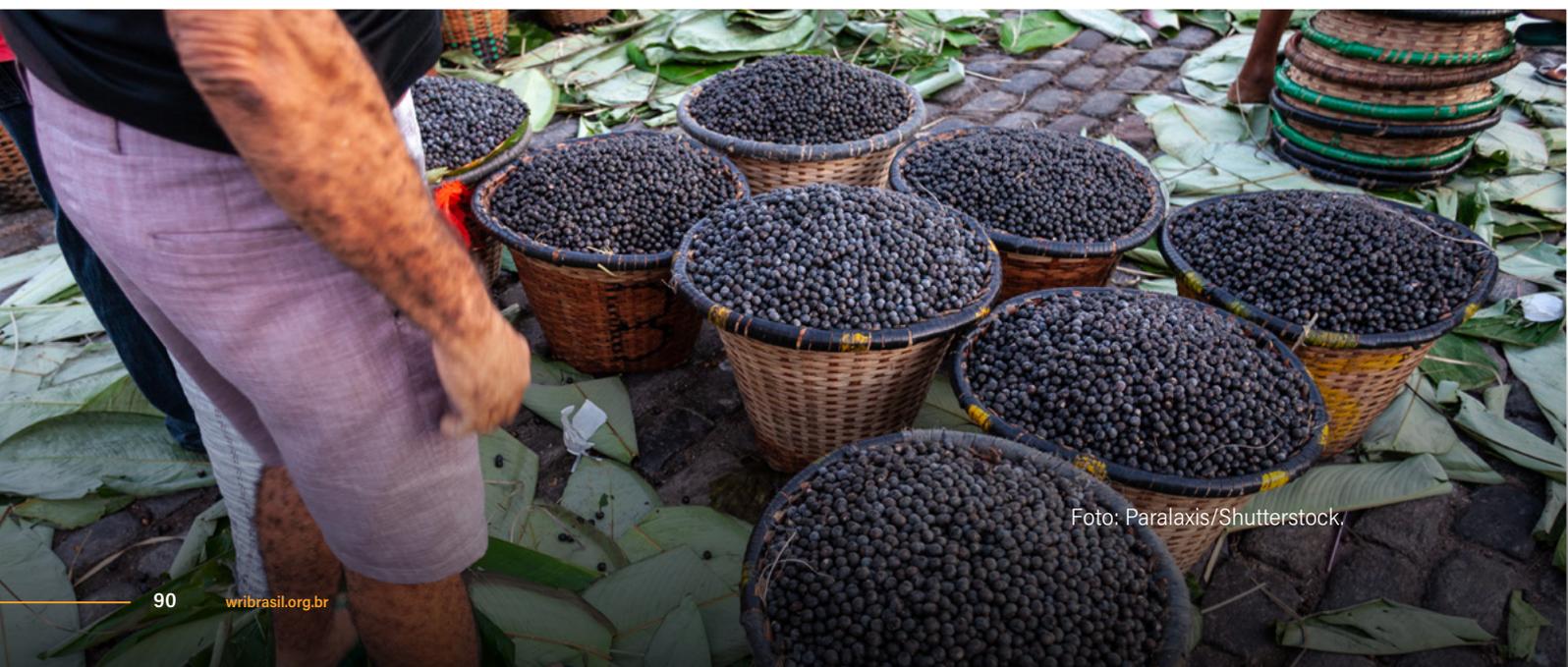
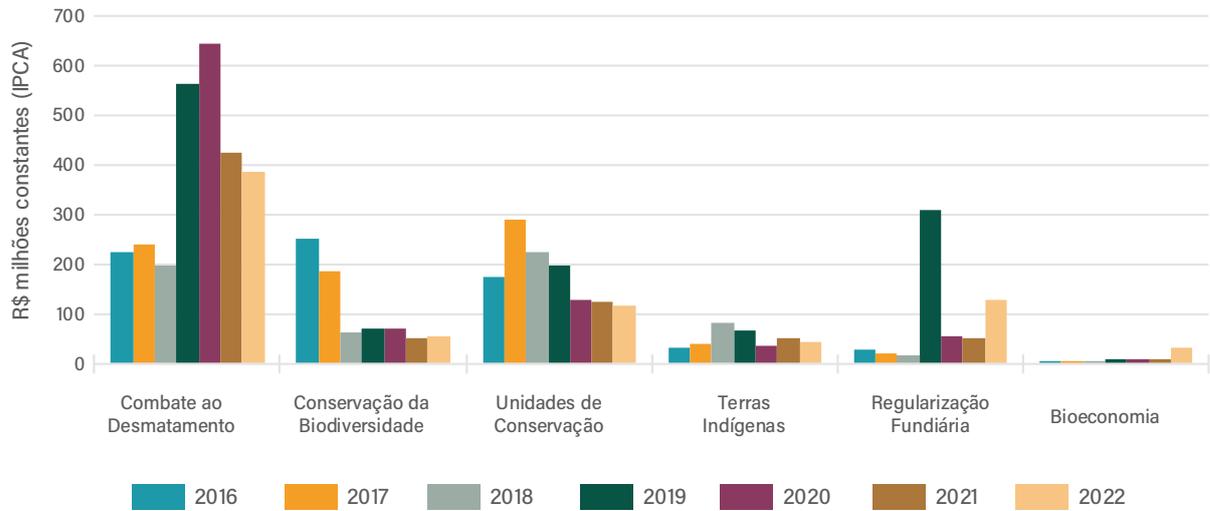


Foto: Paralaxis/Shutterstock.

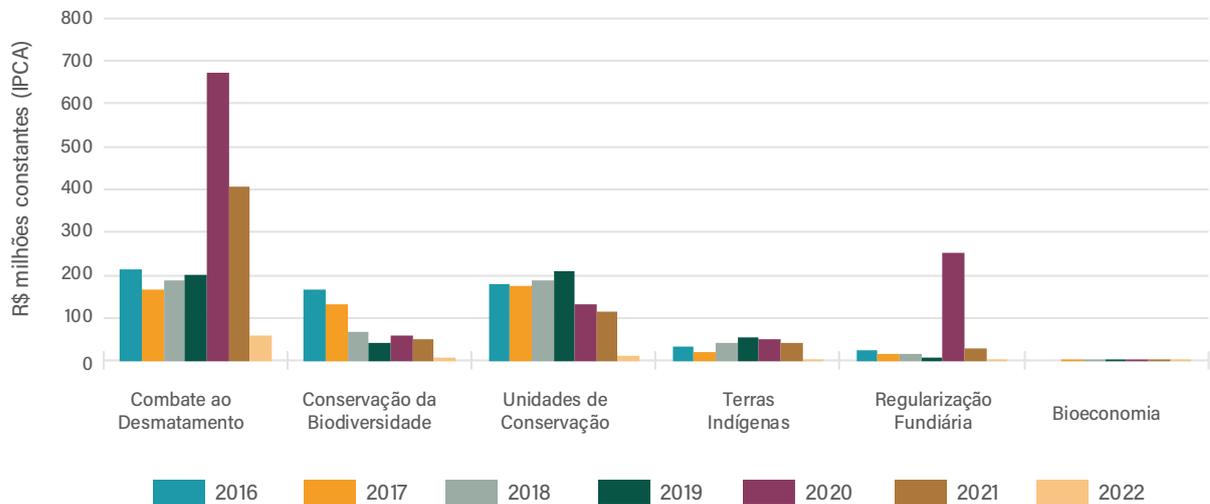
Gráfico A17 | Gastos autorizados e desembolsos por tema, de 2016 a março/2022



*Valores autorizados para os exercícios de 2016 a 2022

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

Gráfico A18 | Gastos autorizados e desembolsos por tema, de 2016 a março/2022



*Valores pagos com os orçamentos anuais, acrescidos dos restos a pagar pagos.

De 2016 a 2021, até dezembro. Em 2022, até março. Totais Pagos

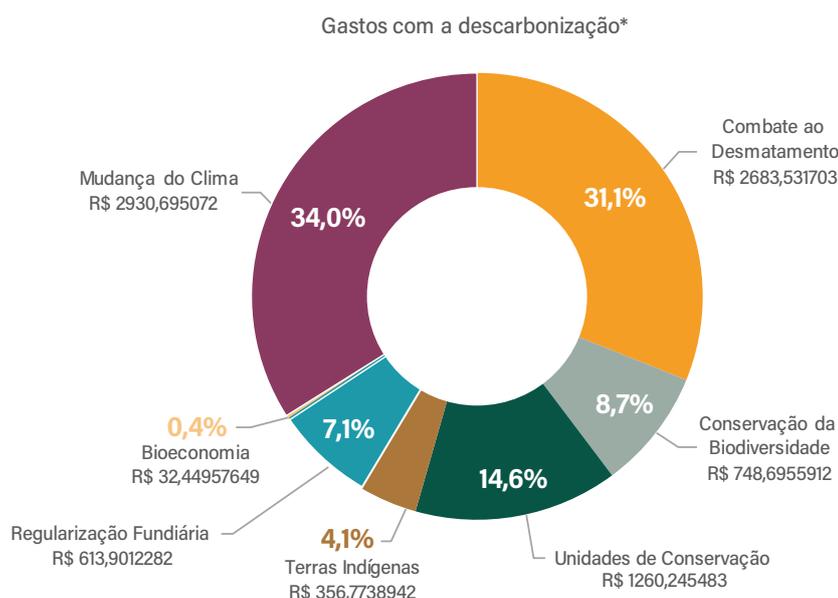
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

Tem destaque no período também uma ação orçamentária que trata da regularização fundiária na AML, com gastos autorizados de cerca de R\$ 300 milhões em 2019, ano em que foi lançada. Os valores foram transferidos aos estados no último dia do ano e desembolsados no ano seguinte. O aumento de gastos com a regularização fundiária na Amazônia coincide com o período

em que o desmatamento se concentrou em terras da União ocupadas ilegalmente³³.

No Gráfico A19, nota-se o percentual pequeno destinado à bioeconomia no conjunto de gastos públicos analisados e que podem contribuir para o desenvolvimento da Amazônia com a manutenção da floresta em pé.

Gráfico A19 | Gastos com a descarbonização por setor, de 2016 a março/2022



*Valores autorizados (atualizados pelo IPCA), acumulados de 2016 a 2022, em R\$ milhões.
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

Entre os gastos públicos selecionados por contribuir para conter as maiores fontes de emissão de GEE na Amazônia, a maior dificuldade deste estudo foi capturar as despesas com a chamada agricultura de baixo carbono.

Informe do Ministério da Agricultura e Pecuária sobre o desempenho do crédito rural até abril de 2022³⁴ mostra que o Programa ABC corresponde a apenas 2% do total de crédito previsto para a safra de 2021/2022. Dos R\$ 5,2 bilhões previstos, R\$ 3 bilhões haviam sido "aplicados" até o final de abril no Plano ABC, aproximadamente o valor que contaria com juros abaixo dos oferecidos pelo mercado com cobertura de dinheiro público.

Nem todo o valor anunciado pelo governo para o Plano ABC conta com juros subsidiados pela União. Ademais, os valores destinados ao crédito rural não distinguem a agricultura de baixo carbono.

Embora as emissões de GEE nos setores de energia e resíduos sólidos sejam menos representativas nos estados da AML (3,1% e 0,7% do total de emissões no período de 30 anos, entre 1990 e 2020), foram também capturados os gastos públicos relativos a investimentos em energias renováveis e coleta e tratamento de resíduos sólidos. Não foi possível separar nesses gastos os valores destinados exclusivamente à Amazônia.

No período da análise, só foram identificados gastos orçamentários com estudos da indústria e apoio a biocombustíveis, com desembolsos totais de apenas R\$ 1,1 milhão entre 2019 e março de 2022. O fomento a tecnologias aplicadas a energias renováveis e à eficiência energética constituem um fragmento de uma ação orçamentária iniciada em 2020 e com desembolso de insignificantes R\$ 58 mil. No passado recente, a eficiência energética já foi um objetivo de planos plurianuais, antes de o tema ser rebaixado a um fragmento de ação orçamentária do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação.

Os gastos autorizados com resíduos sólidos registraram queda de 64% entre 2017 e 2022. Em todo o período analisado, os pagamentos somaram cerca de R\$ 200 milhões, em valores já corrigidos pela inflação. Este estudo também procurou capturar gastos indiretos que pudessem contribuir com o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Os chamados gastos tributários são renúncias fiscais, registradas na forma de projeções de recursos que a União deixa de arrecadar para favorecer determinados setores da economia.

Se os gastos diretos do governo com energia renovável e eficiência energética se mostram pouco expressivos (gastos autorizados de R\$ 6,9 milhões, entre 2019 e 2022, e total desembolsado de R\$ 1,2 milhão no período), os gastos indiretos estão em outra escala. Entre os incentivos que podem contribuir para uma economia de baixo carbono com impacto direto na Amazônia, o estudo selecionou as renúncias fiscais para aerogeradores, biodiesel, programa Rota 2030³⁵ e transporte coletivo exclusivas para a região Norte (não há recorte possível para a AML). Os valores são comparados na Tabela A43 com os incentivos concedidos à termoeletricidade, à Zona Franca de Manaus e à Amazônia Ocidental.

Vê-se que o custo das renúncias fiscais a energia eólica, biodiesel, setor automotivo mais eficiente e transportes coletivos na região Norte equivalem a apenas 0,2% dos incentivos concedidos no período de 2016 a 2022 para a Zona Franca de Manaus. Também na Tabela A39 estão os valores indicados da renúncia fiscal para cada um dos setores citados no parágrafo anterior e nota-se que os mais vultosos não estão associados à redução das emissões.

Tabela A39 | Gastos indiretos com renúncia fiscal na Região Norte, de 2016 a 2022

ANO*	Setores ligados à redução das emissões					Renúncias não vinculadas à agenda climática				Total geral
	Aeroge- radores	Biodiesel	Rota 2030	Transporte Coletivo	Total	Zona Franca de Manaus	Amazônia Ocidental	Termoele- tricidade	Total	
2016	26.398,10	34.561,13		17.840.896,09	17.901.855,31	24.994.079.922,91	352.223.766,26	184.123.478,08	25.530.427.167,25	25.548.329.022,56
2017	364.861,66	35.028,52		20.493.823,72	20.893.713,90	22.801.501.720,92	216.861.179,28	184.820.715,19	23.203.183.615,39	23.224.077.329,29
2018	43.373,56	52.362.823,67		23.773.433,28	76.179.630,51	33.221.130.016,08	272.144.920,42	6.713.819,50	33.499.988.755,99	33.576.168.386,51
2019	61.015,99	60.054.666,68	-	16.224.924,50	76.340.607,18	34.877.346.275,58	303.858.317,29	6.485.913,47	35.187.690.506,34	35.264.031.113,51
2020	58.649,48	86.087.997,08	648.122,45	15.595.638,77	102.390.407,77	39.932.497.766,55	292.073.134,31	6.234.356,49	40.230.805.257,36	40.333.195.665,13
2021	61.358,80	90.064.837,81	940.727,29	16.316.080,33	107.383.004,23	48.220.503.297,69	305.565.472,13	6.522.353,00	48.532.591.122,82	48.639.974.127,05
2022	63.637,87	93.410.153,05	945.587,89	16.922.115,20	111.341.494,01	50.317.458.866,48	316.915.215,88	6.764.615,44	50.641.138.697,80	50.752.480.191,82
Total	679.295,46	382.050.067,94	2.534.437,62	127.166.911,88	512.430.712,91	254.364.517.866,21	2.059.642.005,58	401.665.251,17	256.825.825.122,96	257.338.255.835,87
% dos setores em relação ao total geral	0,0003%	0,1485%	0,0010%	0,0494%	0,2%	98,8%	0,800%	0,156%	99,8%	100,000%

* Valores constantes de 2022 (IPCA).

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de Tesouro Nacional (2022).

Referências

- Ali, S., Giurco, D., & Arndt et al., N. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature*, pp. 367-372.
- Amaral Filho, J. (1989). *A economia política do babaçu: um estudo da organização da estrato-indústria do babaçu no Maranhão e suas tendências*. São Luís, MA: Serviço de Imprensa e Obras Gráficas do Estado.
- Amazonas Energia. (2021). *Tarifa para Classe Rural*. Fonte: Amazonas Energia/SA: <https://website.amazonasenergia.com/sua-conta/tarifa-para-classe-rural/>
- Amorin, J., & Lopes, D. (2017). Estudos de Viabilidade da Hidrovia do Tapajós/Teles Pires/Juruena. *XXXI Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET2*, (p. 15).
- ANA, A. N. (02 de abril de 2022). *Hidroweb - Sistema de informações hidrológicas*. Fonte: ANA: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/mapa_hidroweb.jsf
- ANAC. (4 de 11 de 2019). Dados Abertos - Dados Estatísticos do Transporte Aéreo. Brasília. Fonte: <https://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/voos-e-operacoes-aereas/dados-estatisticos-do-transporte-aereo>
- ANEEL, A. N. (2012). *Geração Distribuída - ANEEL (accessed 2.4.22)*. ANEEL. Acesso em 02 de abril de 2022, disponível em ANEEL: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>
- ANFAVEA, A. N. (2021). *Anuário da Indústria Automotivística Brasileira*. São Paulo: ANFAVEA. Fonte: <https://anfavea.com.br/anuario2021/anuario.pdf>
- ANM. (2017). *Sumário Mineral Brasileiro 2017*. Fonte: Agência Nacional de Mineração: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral>
- ANM. (10 de Janeiro de 2018). *Sumário Mineral Brasileiro 2018 - Ferro*. Fonte: Agência Nacional de Mineração: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018>
- ANM. (2020). *Anuário Mineral Brasileiro (AMB)*. Fonte: Portal Brasileiro de Dados Abertos: <https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb>
- ANM. (2021). *Alvarás de Pesquisa publicados por Superintendência*. Fonte: Agência Nacional de Mineração: https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/mineracao-em-numeros/copy_of_estatisticas/alvaras-de-pesquisa
- ANP. (2020a). *Produção de petróleo e gás natural por estado e localização*. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/producao-de-petroleo-e-gas-natural-por-estado-e-localizacao>
- ANP. (2020b). *Preço de referência do gás natural*. Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/royalties-e-outras-participacoes/preco-de-referencia-do-gas-natural>
- ANTAQ/UFPA. (2018). *Caracterização da oferta e da demanda do transporte fluvial de passageiros e cargas na região amazônica*. Belém.
- Armington, P. S. (1969). A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *Staff Papers - International Monetary Fund*, 16(1), 159-178.
- Azevêdo, V. (2016). *Estudo de localização de usina solar termoelétrica no estado de Pernambuco*.
- Badger, J., Bauwens, I., Casso, P., Davis, N., Hahmann, A., Hansen, S. K., . . . Volker, P. (10 de Maio de 2022). *Global Wind Atlas*. Fonte: Global Wind Atlas: <https://globalwindatlas.info/>
- Banco do Brasil. (2021). *Inovagro. Sist. envio relatório Semest*. Fonte: Banco do Brasil: http://www.spc.pt/hgs/pdfs/perguntas_publico.pdf
- Barona, E., Ramankutty, N., Hyman, G., & Coomes, O. (2010). The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 5, 024002. doi:10.1088/1748-9326/5/2/024002

- Belluzo, L. G., & Sarti, F. (10 de Fevereiro de 2019). *Vale: uma empresa financeirizada*. Fonte: Le Monde Diplomatique: <https://diplomatique.org.br/vale-uma-empresa-financeirizada/>
- Brasil. (2021). *Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020-2030: Plano Operacional*. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação.
- Canadian Solar. (02 de abril de 2022). *Canadian Solar - Global*. Fonte: Canadian Solar: <https://www.canadiansolar.com/>
- Carvalho, M. R. (2020). Perspectivas para o gás natural na cabotagem brasileira. *Projeto de PIB e População entre 2021 e 2050*.
- Carvalho, T. S. (2014). Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. *Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional*. Belo Horizonte.
- Carvalho, T. S. (2014). *Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte.
- Carvalho, T., Domingues, E., & Horridge, M. (2017). Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: Regional economic impact and land use change. *Land Use Policy*, v. 64, pp. 327-341.
- Castro, F. F., Góes, G. S., Nascimento, J. S., & Tardin, M. M. (março de 2022). Incidences of COVID-19 in major mining municipalities in the Brazilian Amazon: Economic impacts, risks and lessons. *The Extractive Industries and Society*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.101033>.
- Castro, M. J., Buller, L., Zoffreo, A., Timko, M., & Forster Carneiro, T. (2020). Two-stage anaerobic digestion of orange peel without pre-treatment: Experimental evaluation and application to São Paulo state. *Journal of Environmental Chemistry Eng* 8(4):104035.
- Cattaneo, A. (2002). Balancing Agricultural Development and Deforestation in the Brazilian Amazon. (I. F. Institute, Ed.) *Research Report 129*.
- Chelala, C. C., Santos, A. d., Monteiro, K. C., & Santos Junior, J. (2015). *Cadeias de Comercialização de Produtos Florestais Não Madeireiros na Região Sul do Amapá*. Rio de Janeiro: IPEA.
- Church, C., & Crawford, A. (2020). Minerals and the Metals for the Energy Transition: Exploring the Conflict Implications for Mineral-Rich, Fragile States. Em M. Hafner, & S. Tagliapietra, *The Geopolitics of the Global Energy Transition* (p. 398). Springer.
- Coelho, T. P. (2015). *Projeto Grande Carajás: trinta anos de desenvolvimento frustrado*. Marabá: Iguana.
- ComexStat. (2021). *Exportação e Importação em Geral*. Fonte: ComexStat/MDIC: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>
- Costa, F. d. (2016). Contributions of fallow lands in the Brazilian Amazon to CO₂ balance, deforestation and the agrarian economy: Inequalities among competing land use trajectories. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 4.
- Costa, F. d. (2021). Structural diversity and change in rural Amazonia: a comparative assessment of the technological trajectories based on agricultural censuses (1995, 2006 and 2017). *Nova Economia*, 31.
- Costa, F., Ciasca, B. S., Castro, E. C., Barreiros, R. M., Folhes, R., Bergamini, L. L., . . . Souza, H. (2021). *Bioeconomia da bioeconomia no estado do Pará*. Brasília: The Nature Conservancy (TNC Brasil), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Natura.
- De Melo, J., & Robinson, S. (1989). Product differentiation and foreign trade in CGE models of small economies. *Policy, Planning, and Research Department (Working Papers, n. WPS 144)*.

- Dietzenbacher, E., Linden, J., & Steenge, A. (1993). The regional extraction method: EC input–output comparisons. *Economic Systems Research*, v. 5, n., pp. 185–206.
- Dixon, P. B., & Rimmer, M. T. (1998). Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia. *Working Paper, Center of Policy Studies (CoPS)*.
- Dixon, P. B., & Rimmer, M. T. (2002). *Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: a practical guide and documentation of MONASH*. Amsterdam: Elsevier.
- Energisa. (02 de abril de 2022). *Página Inicial*. Fonte: Energisa: <https://www.energisa.com.br/>
- Enriquez et al., M. A. (2018). *Contradições do desenvolvimento e o uso da Cfm em Canaã dos Carajás (PA)*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas.
- EPE, E. d. (2020). *Nota Técnica: Projeções dos Preços dos Combustíveis Líquidos para Atendimento aos Sistemas Isolados e Usinas da Região Sul em 2021*. EPE. Fonte: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT-DPG-DEE-01-2020_Proje%C3%A7%C3%A3o%20Pre%C3%A7os%20Combust%C3%ADveis%20para%20o%20SI_2020.10.09.pdf
- EPE, E. d. (2021a). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*. Brasília: MME. Fonte: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf
- EPE, E. d. (2021b). *Cardernos de preços da geração*. EPE. Acesso em janeiro de 2022, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/caderno-de-precos-da-geracao>
- Equatorial Energia. (02 de abril de 2022). *Página Inicial*. Fonte: Equatorial Energia: <https://www.equatorialenergia.com.br/>
- FAO, F. a. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture: principles and approaches*. Fonte: <https://www.fao.org/3/i3940e/i3940e.pdf>
- Febrageo, F. B. (04 de março de 2022). *Nota Febrageo Potássio Mineração em Terras Indígenas e Guerra no Leste Europeu*. Fonte: Febrageo: <https://www.febrageo.org.br/nota-febrageo-potassio-mineracao-em-terras-indigenas-e-guerra-leste-europeu>
- Ferreira Filho, J. B., & Horridge, J. M. (2014). Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. *Land Use Policy*, 36, pp. 595–604.
- Ferreira Filho, J., & Horridge, J. (2012). Endogenous Land Use and Supply Security in Brazil. *General Paper n0 G-229, Center of Policy Studies (CoPS)*.
- Foucault, M. (2007). *Microfísica do poder*. Rio de Janeiro: Graal.
- Fraunhofer, I. (2020). *Agrivoltaics: Opportunities for agriculture and the energy transition – A guideline for Germany*.
- Gerard et al., M. (Maio de 2003). Rare earth elements in the Amazon basin. *Hydrological Processes*, pp. 1379 – 1392.
- Gielen, D. (2021). *Critical minerals for the energy transition*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Greener Estratégia e Pesquisa. (2020). *Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico GD 78*.
- Guedes, G., Costa, S., & Brondízio, E. (2009). Revisiting the hierarchy of urban areas in the Brazilian Amazon: a multilevel approach. *Population and Environment*, v. 30, n. 4, pp. 159–192.
- Gurgel, Â. C., Costa, C. F., & Serigati, F. (2014). *Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: Quem cumpre as decisões? Uma análise da governança do Plano ABC no âmbito do Observatório ABC*. Observatório ABC.
- Haddad, E. A. (2004). *Retornos Crescentes, Custos de Transporte e Crescimento Regional*. São Paulo: Tese de Livre Docência em Economia). Instituto de Pesquisas Econômicas (IPE), Universidade de São Paulo.
- Horridge, J. M., Madden, J., & Wittwer, G. (2005). The Impact of the 2002–2003 Drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, 27(3), pp. 285–308.

- IBGE, I. B. (2017). *Censo Agropecuário 2017*. Acesso em 11 de Janeiro de 2023, disponível em 99% das áreas de pastagens não possuem sistemas de irrigação
- IBGE, I. B. (2018). *Sistema de Contas Nacionais – Brasil – 2015*. Fonte: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html?=&ct=resultados>
- IBGE, I. B. (2021a). *Sistema de contas regionais: Brasil 2019*. Brasília, DF: Contas Nacionais n. 83.
- IBGE, I. B. (2021b). *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS*. Rio de Janeiro: IBGE. Fonte: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>
- IBGE, I. B. (2 de abril de 2022). *Portal do IBGE*. Fonte: IBGE: <https://www.ibge.gov.br/>
- IMO, I. M. (2020). *Fourth IMO GHG Study 2020*. London: IMO.
- IPEADATA. (2020a). *Preço por barril do petróleo bruto Brent (FOB)*. Fonte: IPEADATA: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?module=m&serid=1650971490&oper=view>
- IPEADATA. (2020b). *Taxa de câmbio – R\$ / US\$ – comercial – venda – média*. Fonte: IPEADATA: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>
- Jordan, D., & Kurtz, S. (13 de outubro de 2011). Photovoltaic Degradation Rates—an analytical review. *Progress in Photovoltaics*. doi:<https://doi.org/10.1002/pip.1182>
- Kent, P., Jensen, R. K., & Kongsted, A. (2014). A comparison of three clustering methods for finding subgroups in MRI, SMS or clinical data: SPSS TwoStep Cluster analysis, Latent Gold and SNOB. *BMC medical research methodology*, v. 14, pp. 1-14.
- Kim, K., Roh, G., Kim, W., & Chun, K. (Março de 2020). A Preliminary Study on an Alternative Ship Propulsion System Fueled by Ammonia: Environmental and Economic Assessments. *Journal of Marine Science and Engineering* 8(3), p. 10.3390/jmse8030183.
- Koohafkan, P., Altieri, M. A., & Gimenez, E. H. (2012). Green agriculture: foundations for biodiverse, resilient and productive agricultural systems. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 10(1), pp. 61-75.
- Kozuba, J., & Ojciec, M. (2019). Overview of historical and future trends of commercial aircraft fuel efficiency. *Acta Avionica Volume XXI, 40 – No.1*, 12-17. doi:10.35116/aa.2019.0003
- Lanaro, L. R. (2021). *Engenharia de custos e otimização de projeto de hidroaviones: um estudo de caso de um sistema de transporte para a Amazônia*. São Carlos: Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.
- Maciel, Raimundo Cláudio Gomes, Oleides Francisca de Oliveira, and Jean Marcos da Silva. 2019. “Production and Destination of Solid Waste in the Chico Mendes Extrative Reserve, Acre, Brazil.” *Journal of Environmental Protection* 10 (6): 791–806. doi:10.4236/jep.2019.106047.
- Macedo, D., Defries, R., Shimabukuro, Y., & Anderson, L. (2012). Cropland Expansion changes deforestation dynamics in the Southern Brazilian. *PNAS*, 103(39), pp. 14637-14641.
- Machado, I. F., & Figueiroa, S. F. (2020). *História da Mineração Brasileira*. Curitiba: CRV.
- Magalhães, A. S. (2009). *O comércio por vias internas e seu papel sobre crescimento e desigualdade regional no Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte.
- MAPA, M. d. (2021). *Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)*. Brasília: MAPA.
- Mapbiomas. (2021). *Annual report on deforestation in Brazil*. Fonte: https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2020/RAD2021_-_MapBiomasAlerta_EN.pdf
- Mapbiomas. (2022). *Mapbiomas Brasil*. Fonte: Mapbiomas: <https://mapbiomas.org/>
- Maranhão, R. L., & Vieira Filho, J. E. (2018). *Previdência rural no Brasil*. Brasília: IPEA.

- Marrou, H., Wery, J., Dufour, L., & Dupraz, C. (janeiro de 2013). Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels. *European Journal of Agronomy* 44, pp. 54-66.
- Mauler, L., Duffner, F., Zeier, W. G., & Leker, J. (2021). Battery cost forecasting: a review of methods and results with an outlook to 2050. *Energy & Environmental Science*, pp. 4712-4739. doi:10.1039/d1ee01530c
- MCTI, M. d. (2022). *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília: MCTI. Fonte: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/6a-ed-estimativas-anuais.pdf>
- MDIC, M. d. (novembro de 2021). *COMEX STAT*. Fonte: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice-Hall.
- Ministério da Infraestrutura. (2 de abril de 2021). *Página Inicial - Ministério da Infraestrutura - Português (Brasil)*. Fonte: Ministério da Infraestrutura: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br>
- Mitidieri, M. F. (2017). *Análise Do Potencial De Geração Distribuída De Energia Solar Fotovoltaica Nos Setores Bancário, De Educação Básica E Postos De Gasolina 1-103*.
- MTE. (2020). *Relatório Anual de Informações Sociais*. Fonte: Relatório Anual de Informações Sociais: https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_rais_vinculo_id/caged_rais_vinculo_basico_tab.php
- Natural Capital Project (2021) inVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs). Stanford U. disponível em <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>
- Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K., & Johns, C. (2020). What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, p. 194.
- Ogasawara, E., Kulaif, Y., & Fernandes, F. R. (2010). A indústria brasileira de fertilizantes (cadeia NPK, enxofre, rocha fosfática e potássio) - Projeções de 2010 a 2030. Em C. d. CETEM, *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. Fonte: <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/920>
- Perroni, C., & Rutherford, T. F. (1998). A comparison of the performance of flexible functional forms for use in applied general equilibrium analysis. *Computational Economics*, 11(3), pp. 245-263.
- Peter, W. W., Meguer, G. N., & Parmenter, B. R. (1996). The theoretical structure of MONASH-MRF. *Center of Policy Studies (Preliminary working paper, OP-85)*, p. 121.
- Porro, R. (Jan-Abril de 2019). A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Humanas*, v. 14, n. 1, pp. 169-188.
- Portal Solar. (04 de março de 2022). *AgriVoltaico - Uso combinado do solo para geração solar fotovoltaica e agricultura*. Fonte: <https://portalsolar.com.br/noticias/opiniao/opiniao-tecnologia/agrivoltaico-uso-combinado-do-solo-para-geracao-solar-fotovoltaica-e-agricultura>
- QGIS Development Team (2021). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- Reicosky, D. C. (2021). Carbon management in conservation agriculture systems. *Regenerative Agriculture*, pp. 33-45.
- Royal Institution of Naval Architects. (2019). *Significant Ships of 2019*.
- Sanjad, H., Araújo, E., Teixeira, L. G., Araújo Junior, A. S., Costa, C. A., & Rabelo, A. A. (2020). Gravimetria Como Ferramenta de Gestão Ambiental Em Um Município Da Amazônia. *Biota Amazônica* 10 (1), pp. 1-5.
- Santos Valle, S., & Kienzle, J. (2020). Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. *Integrated Crop Management Vol. 24*.

- Santos, A., & Lucena, A. F. (2021). Climate change impact on the technical-economic potential for solar photovoltaic energy in the residential sector: a case study for Brazil. *Energy Clim. Chang.* 2, 100062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egycc.2021.100062>
- Santos, T. V. (2022). Belem and Manaus and the Urban Agglomeration in the Brazilian Amazon. Em A. Battisti, & S. Baiani, *Urban Agglomeration*.
- SEFA/PA, S. d. (2021). *Boletim Mensal de Arrecadação*. Belém: SEFA/PA. Fonte: <http://www.sefa.pa.gov.br/orientacoes?layout=edit&cid=18065>
- Silva, A. D., & Pinheiro, E. d. (2010). A Problemática Dos Resíduos Sólidos Urbanos Em Tefé, Amazonas. *Sociedade & Natureza* 22 (2), pp. 297-312.
- Silva-Enriquez, M. A. (1994). *A Mineração no Pará: elementos para uma estratégia de desenvolvimento regional*. Belém: Seicom.
- Simmons, C., Perz, S., & Pedklowksi, M. (2002). The changing dynamics of land conflict in the Brazilian Amazon: The rural urban complex and its environmental implications. *Urban Ecosystems*, V6., pp. 9-121.
- Sindifisco. (2021). *Boletim 1: a tributação dos bens minerais no Pará*. Belém: SINDIFISCOPARÁ.
- Smyth, M., & Pearce, B. (2018). *LATA Economics Briefing No. 9: Air Travel Demand*. Montreal: International air Transport Association.
- SNIS, S. N. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*. Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 2 de março de 2021
- Souza, H. M. (2021). *Bioeconomia da sociobiodiversidade no estado do Pará*. Brasília, DF: The Nature Conservancy (TNC Brasil), Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Natura.
- Strand, J., Soares-Filho, B., Costa, M. H., Oliveira, U., Ribeiro, S. C., Pires, G., . . . Toman, M. (2018). Spatially explicit valuation of the Brazilian Amazon Forest's Ecosystem Services. *Nature Sustainability* 1, pp. 657-664. doi:<https://doi.org/10.1038/s41893-018-0175-0>
- SUDAM. (2016). Incentivos Fiscais Concedidos: Relatório de Avaliação 2007 - 2014. Belém, Pará, Brasil.
- System Advisor Model. (02 de abril de 2022). *Home - System Advisor Model (SAM)*. Fonte: National Renewable Energy Laboratory (NREL): <https://sam.nrel.gov/>
- Tesouro Nacional. (2022). *Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal - Siafi*. Fonte: Siafi Tesouro: <https://siafi.tesouro.gov.br/senha/public/pages/security/login.jsf>
- Trancossi, M. (Fevereiro de 2015). What price of speed? A critical revision through constructal optimization of transport modes. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 7 (4), pp. 425-448. doi:<https://doi.org/10.1007/s40095-015-0160-6>
- Vakulchuk, R., & Overland, I. (2021). Central Asia is a missing link in analyses of critical materials for the global clean energy transition. *One Earth*, 1678 - 1692.
- Vale. (2022a). *Complexo S11D Eliezer Batista*. Fonte: Vale: <http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/Paginas/s11d.aspx>
- Vale. (2022b). *Avanço Socioeconômico - Complexo S11D Eliezer Batista*. Fonte: Vale: <http://www.vale.com/hotsite/pt/paginas/AvancoSocioeconomico.aspx>
- Viana, J., Mendonça, J. S., Sousa, K., & Rabelo, L. S. (2016). *Economias Baseadas em Biomass: Estudos das Cadeias de Comercialização da Produtos Florestais Não Madeireiros na Região de Planejamento dos Lencóis Maranhenses*. Rio de Janeiro: IPEA.
- World Bank. (2012). *Carbon Sequestration in Agricultural Soils*. Washington: World Bank. Fonte: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/11868> License: CC BY 3.0 IGO

Notas de fim

- 1** Hipótese de Armington: bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.
- 2** Se a elasticidade de substituição for 1, as demandas se comportam como uma função Cobb-Douglas hierarquizada (participação nos gastos são constantes mesmo com mudanças de preços relativos). Se o parâmetro é igual a zero, a demanda segue a forma de Leontief (proporções das quantidades constantes independentemente do preço).
- 3** Para mais detalhes sobre diferenciação de produtos no comércio internacional em modelos EGC, ver De Melo e Robinson (1989). O comportamento de diversas classes de funções CES é analisado em Perroni e Rutherford (1998).
- 4** Os setores são: arroz, trigo, milho, algodão, cana-de-açúcar, soja, mandioca, fumo, frutas cítricas, feijão, outros da lavoura temporária, laranja, café em grão, outros da lavoura permanente, bovinos, outros animais, leite de vaca, outros laticínios, suínos, aves, ovos, silvicultura, extração vegetal, pesca industrial, carne de boi, carne suínos, carne aves, pescado industrial, leite pasteurizado, outros de laticínios, rações, bebidas, têxteis, calçados, produtos de madeira, celulose, indústrias diversas, etanol e biocombustíveis, produtos de químicos inorgânicos, adubo e fertilizantes, defensivos agrícolas, eletrônicos, máquinas e equipamentos de automóveis, serviços, eletricidade e gás, construção, comércio atacado e varejo, Intermediação financeira e seguros, e setor público.
- 5** <https://storage.googleapis.com/releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/index.html>
- 6** Outros termos associados a agricultura regenerativa são produção agroecológica (*agroecological farming*), agricultura alternativa (*alternative agriculture*), agricultura biodinâmica (*biodynamic agriculture*), agricultura verde (*green agriculture*), agricultura orgânica regenerativa (*organic regenerative agriculture*) e agricultura sustentável (*sustainable agriculture*) (Newton et al., 2020).
- 7** De acordo com a ANM, teor é a razão do contido em relação à massa de minério. De acordo com a substância, é representado como: g/t (grama por tonelada) ou % (porcentagem).
- 8** <https://www2.unifap.br/dmad/pos-graduacao/especializacao-cemapg/apresentacao/>
- 9** De acordo com Machado e Figueiroa (2020) uma reserva mineral é a parte economicamente lavrável de um recurso medido ou indicado, demonstrado pelo menos por um estudo de viabilidade preliminar.
- 10** Índícios de minérios, cujos teor e quantidade ainda não estão detalhados cientificamente.
- 11** Fez-se uma estimativa de petróleo e gás natural para 2020. Primeiramente para o petróleo, considerou-se a produção em metros quadrados para os estados do MA e AM (ANP, 2020a) e, depois, a efetiva produção foi convertida em barris (1 metro cúbico equivale a aproximadamente 6,29 barris). Após ser obtida a produção em barris, multiplicou-se este valor pelo preço internacional do barril do petróleo *brent* (Ipeadata, 2020a), obtendo-se o valor da produção em dólares. Por fim, foi feita a conversão pelo câmbio médio de 2020 (Ipeadata, 2020b), obtendo-se o valor da produção estimado em reais. Para o gás natural, considerou-se a produção em mil metros cúbicos por mês para MA e AM (ANP, 2020a) e estimou-se o valor a partir do seu preço de referência por campo de extração (ANP, 2020b), divulgados a cada mês. Calculou-se a multiplicação da quantidade extraída pela média do preço de referência de cada um dos campos dos dois estados, considerando os valores mensais, obtendo-se a estimativa de valor de produção do gás natural.
- 12** São minas de alto teor e/ou grandes dimensões que permitem um baixo custo por unidade de minério extraída.
- 13** Incluindo os produtos minerais semielaborados e óleos de petróleo e gás.
- 14** Redução de IRPJ de empresas que estão na área da Sudam, isenção de ICMS, PIS e COFINS de bens exportados, entre outros regimes especiais (Sindifisco, 2021).

15 Dados de SEFA/PA (2021). Ressalte-se que grande parte desse imposto arrecadado é convertido em crédito fiscal.

16 No Pará, a capital Belém e o município conurbado Ananindeua, que juntos têm uma população de 2,03 milhões de habitantes, receberam de ICMS R\$ 94 per capita, ao passo que Parauapebas e Canaã dos Carajás, que juntos têm 256 mil habitantes, receberam R\$ 1.308 per capita (Alcântara, 2002).

17 As atuais modalidades de incentivos fiscais no âmbito da Sudam são: a) redução fixa de 75% do imposto sobre a renda de pessoa jurídica; b) redução escalonada do imposto de renda e adicionais não restituíveis de 12,5%, de 2009 a 2013; c) depósitos para reinvestimento; d) depreciação acelerada incentivada para efeito de cálculo do imposto de renda (Lei nº 11.196/2005); e) desconto dos créditos da contribuição para o Programa Integração Social (PIS)/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) (Lei nº 11.196/2005); f) isenção do Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM) (Lei nº 9.808/1999); e f) isenção do imposto de renda para fabricantes de máquinas, equipamentos, instrumentos e dispositivos voltados para o programa de inclusão digital (Sudam, 2016).

18 Tem por base o art. 20 da Constituição Federal e é regulamentado pelas Leis 7.990/1989; 8.001/1992 e 13.540/2017.

19 De acordo com a Lei 13.540/2017, as faixas de alíquotas são: 3,5% sobre ferro, com possibilidade de redução até 2%; 3,0% sobre bauxita, manganês, nióbio e sal-gema; 2% sobre diamantes e demais substâncias minerais; 1,5% sobre ouro; 1% sobre areia, rochas, cascalhos etc. para uso direto na construção civil, além de águas minerais.

20 Pastagens altamente degradadas são aquelas com baixa capacidade de produção/ha, baixa capacidade de recuperação natural e baixa capacidade de superar os efeitos nocivos de pragas e doenças (LUCIANO, 2009)

21 1% da área é uma proporção arbitrária e conservadora das áreas reais que poderiam ser implantados os sistemas e assim, 1% representa uma relação linear que permite que os resultados de capacidade de instalação e potencial de geração possam ser multiplicados por qualquer fator de cobertura que se deseje implantar o sistema (LOPES et al. 2022).

22 Plantas C4 sintetizam uma molécula de quatro carbonos como primeiro produto da fixação de CO₂.

23 Wp (Watt-pico) é a unidade de medida que indica a potência máxima que um painel pode fornecer em condições ideais.

24 Foram consideradas ao todo 68 ações orçamentárias e mais 28 planos orçamentários (fragmentos) de outras ações. Integram o estudo os chamados gastos finalísticos, que excluem o pagamento de pessoal e os custos administrativos dos ministérios.

25 Foram considerados os gastos para combater o desmatamento, tanto pelos órgãos ambientais como os feitos por militares, o monitoramento por satélites e as ações orçamentárias que destinam dinheiro público para a conservação da biodiversidade, áreas protegidas (incluídas as Terras Indígenas), regularização fundiária na Amazônia e bioeconomia.

26 Em valores correntes (R\$ bilhões) as despesas são as seguintes: R\$ 0,5 (2016), R\$ 0,4 (2017 a 2019), R\$ 1,0 (2020), R\$ 0,6 (2021) e R\$ 0,1 (2022, até março).

27 Em valores correntes (R\$ milhões) as despesas são as seguintes: R\$ 1,1 (2017), R\$ 1,7 (2018), R\$ 0,8 (2019), R\$ 0,7 (2020), R\$ 4,1 (2021) e R\$ 0,1 (2022, até março).

28 As ações consideradas foram “Apoio ao desenvolvimento da produção agropecuária sustentável”, “Subvenção econômica nas operações de custeio agropecuário” e “Subvenção econômica em operações de investimento rural e agroindustrial”.

29 O objetivo consta do Plano Plurianual com as metas do governo para um período de quatro anos (<https://www.gov.br/ibama/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/arquivos/ppa-programa-1058-pdf>).

30 O acúmulo de dinheiro que deveria financiar a redução de emissões e a adaptação à mudança do clima decorre em parte de decreto presidencial editado em novembro de 2019. Esse decreto mudou as prioridades na aplicação do dinheiro e estabeleceu como prioridade das aplicações do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima o saneamento básico e o tratamento de lixo nas cidades. As reuniões do comitê gestor do fundo ficaram suspensas e só foram retomadas em julho de 2020, depois que partidos de oposição recorreram ao Supremo Tribunal Federal. Pressionado, o governo transferiu ao BNDES, em dois meses, R\$ 580 milhões, depois de dois anos sem repasses. O destino do dinheiro já contratado não aparece no Tesouro Nacional, mas no site do banco. No ano de 2022, a lei orçamentária autoriza o repasse de mais R\$ 444 milhões para os empréstimos do Fundo Clima, mas esse valor não havia sido transferido ao banco até a data de fechamento deste estudo.

31 https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/1b25b2da-c70f-4958-85e0-93c6cb967aa7/o%CC%81rio+financeiro+do+FNMC_2%C2%BA+sem2021_internet.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nXkzUID

32 Cadastro das ações orçamentária, disponível em https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/orcamentos-anuais/2022/ploa/Volume_V.pdf

33 https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Amaz%C3%B4nia-em-Chamas-9-pt_vers%C3%A3o-final-2.pdf

34 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/contratacoes-do-credito-rural-somam-r-230-bilhoes-em-dez-meses-do-plano-safra/DesempenhodocrditoruralABR2022.pdf>

35 Incentivo concedido ao setor automotivo para investimentos em pesquisa e eficiência energética.

36 Área formada pelos estados do Amazonas, Acre, Rondônia e Roraima. Há incentivos fiscais, como a isenção do IPI sobre produtos elaborados com matéria-prima agrícola e extrativista regional.

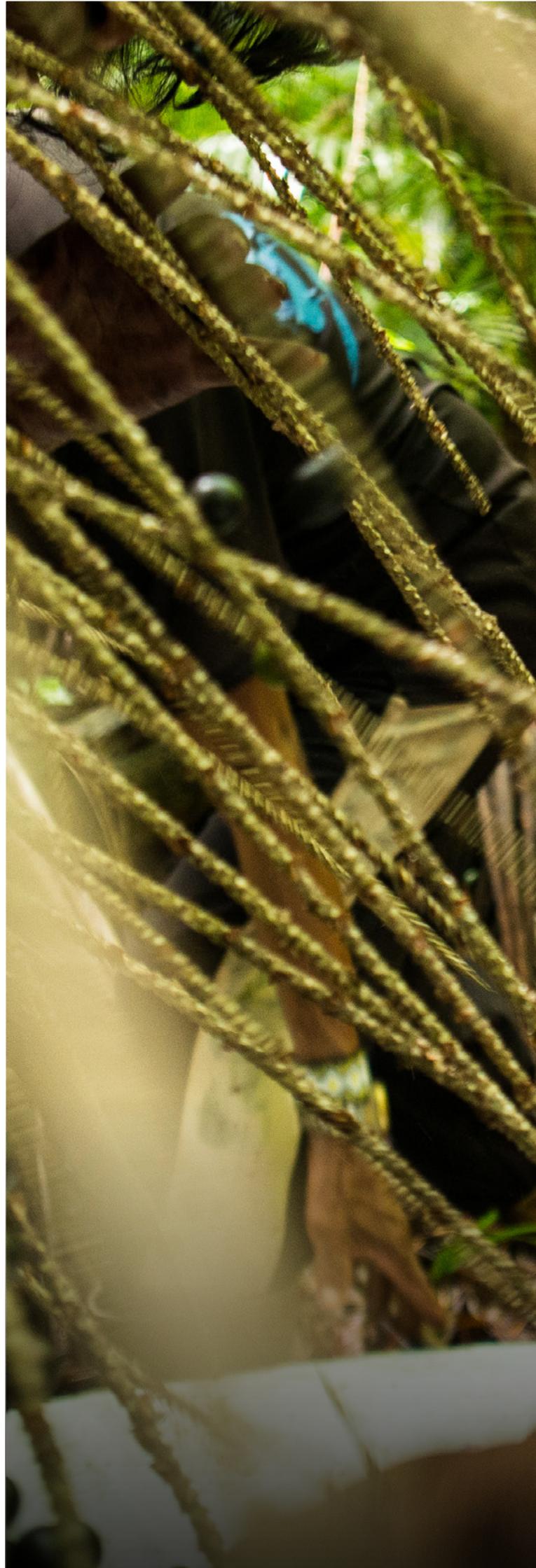




Foto: Greenpeace.

WRI Brasil

Rua Cláudio Soares, 72 Cj. 1510
05422-030 | São Paulo (SP)
Tel.: +55 11 3032-1120

Av. Independência, 1299 Cj. 401
90035-077 | Porto Alegre (RS)
Tel.: +55 51 3312-6324

wribrasil.org.br

New Climate Economy

c/o World Resources Institute
10 G St NE
Suite 800
Washington, DC 20002, USA
+1 (202) 729-7600

www.newclimateeconomy.net



Copyrights 2023 World Resources Institute. Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Para ver uma cópia da licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>