

A floresta Amazônica, sociobioeconomia e clima

Paulo Nobre¹, Ismael Nobre² e Carlos A. Nobre³

Sumário executivo

O presente *policy paper* analisa a importância da floresta Amazônica no contexto histórico de desenvolvimento econômico nacional, apontando para seu papel estratégico tanto por sua importância para a estabilidade climática global e regional, quanto propondo um novo eixo de desenvolvimento regional baseado nos ganhos econômicos e sociais da agregação de valor a produtos extraídos da floresta em pé, no contexto da 4ª Revolução Industrial⁴.

A busca de uma sociobioeconomia de floresta em pé na Amazônia requer políticas públicas de forte incentivo para a rápida transição para esta nova economia, o que inclui esforços conjuntos de vários atores, conforme segue:

- Há necessidade de efetivas políticas para zerar os desmatamentos, degradação florestal e fogo em toda Amazônia, o que já é a política do Brasil e de vários países Amazônicos a ser alcançada antes de 2030. Já observamos uma significativa redução dos desmatamentos de cerca de 50% em 2023, em comparação a 2022, e contínua redução no primeiro semestre de 2024 (Ibama, 2024).
- Há que haver forte colaboração científica para a busca de inovações para esta sociobioeconomia de floresta em pé, mas vencendo mais um desafio de combinar conhecimentos dos Povos Indígenas e comunidades locais com ciência, para gerar inovações tecnológicas sustentáveis.
- Há uma clara necessidade de dar escala a projetos de restauração florestal, para evitar que a Amazônia atinja o ponto de não-retorno – como o projeto Arco da Restauração lançado pelo governo brasileiro na COP 28 – Dubai, para restaurar 24 milhões de hectares de florestas desmatadas e degradadas da Amazônia brasileira até 2050, inclusive com doações para Povos Indígenas, Quilombolas, ribeirinhos e comunidades das Reservas Extrativistas (RESEXs) avançarem com restaurações principalmente com Sistemas Agroflorestais, essenciais para a nova sociobioeconomia.
- Do governo federal deve-se indicar vários ministérios para tal desenvolvimento, como o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), em particular deste ministério, a Secretaria de Economia Verde, Descarbonização e Bioindústria, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Ino-

1. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.

2. Instituto Amazônia 4.0.

3. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo - IEA/USP.

4. Também referida por Indústria 4.0, mistura técnicas de produção de vanguarda com sistemas inteligentes que se integram com as organizações e pessoas.

vação (MCTI), o Ministério da Fazenda, dentro do Plano de Transição Ecológica, e os órgãos governamentais de combate às atividades ilegais na Amazônia.

- Do setor privado, é importante envolver federações industriais voltadas para a bioindustrialização dos produtos da sociobiodiversidade.
- Da sociedade civil, torna-se essencial o engajamento de líderes de comunidades indígenas e locais de toda a Amazônia. Torna-se essencial igualmente envolver lideranças da Agência de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX), de modo a criar caminhos para dar escala aos produtos com valor agregado na sociobioeconomia de floresta em pé.

Palavras-chave

Mudança Climática; Sócio-Bioeconomia; 4ª Revolução Industrial; Amazônia 4.0.; Floresta em Pé.

1. Introdução

A floresta amazônica possui características únicas no sistema climático regional e global. Não obstante suas árvores de tamanho colossal, a floresta se mantém pela ciclagem rápida de nutrientes na primeira camada de solo. A camada fértil do solo amazônico é delgada, assentando suas árvores portentosas sobre um substrato arenoso e pobre em nutrientes. Durante muito tempo, o conceito dominante foi o de que a exuberante floresta tropical evoluiu como resultado de efeitos combinados em escala de tempo geológico da deposição de poeira do Saara e do vapor de água do Oceano Atlântico, ambos transportados para o interior do continente pelos ventos alísios.

Com o tempo, contudo, uma compreensão mais profunda dos mecanismos através dos quais a floresta interage com o clima, isto é, o sistema de ventos e nuvens, permitiu uma visão mais clara da floresta como um sistema-organismo ativo, tanto para a sua sobrevivência, ao atravessar variações climáticas de grande escala ao longo de milênios, quanto para a manutenção dos padrões de circulação atmosférica e oceânica globais (Nobre *et al.* 2009) e regionais (Bottino *et al.* 2024). Segundo Boulton *et al.* (2022), o desflorestamento e as mudanças climáticas, através do aumento da duração da estação seca e da frequência da ocorrência de episódios de secas (e.g. Bottino *et al.* 2024), podem já ter aproximado a Amazônia de um limiar crítico de extinção da floresta, com profundas consequências para a biodiversidade, o armazenamento de carbono e as alterações climáticas em escala global.

Do ponto de vista das ações antrópicas que ameaçam a integridade funcional da floresta amazônica, podemos citar a extração de madeiras nobres, o qual teve início com a chegada dos europeus ao continente no século XVI e que perdura até o presente. A expansão da fronteira agropecuária, com a produção de proteínas vegetal (e.g. soja) e animal (pecuária), é responsável por cerca de 70% do desmatamento na Amazônia brasileira. Contudo, estudo recente (Haddad *et al.* 2024) conclui que a demanda dos centros consumidores do sul e sudeste do Brasil por produtos da pecuária amazônica representam uma pressão sobre o desmatamento amazônico mais intensa do que aquela produzida pelo comércio internacional.

A mineração, como do ouro, causa destruição generalizada por meio da poluição da água (Aragão, 2020) e da degradação do solo. Estradas, represas e projetos hidrelétricos são outros fatores que aumentam a pressão sobre a floresta, ao abrir acesso a florestas remotas.

Assim, o desmatamento da floresta Amazônica foi e continua sendo o resultado da combinação de um conjunto complexo de fatores políticos, econômicos, sociais e ambientais (Santos *et al.* 2021), cujo enfrentamento requer sua compreensão e a imposição de caminhos alternativos. Alguns desses caminhos, como a terceira via para o desenvolvimento sustentável da Amazônia (Nobre *et al.* 2016) e a iniciativa Amazônia 4.0 (Nobre, 2022) de aplicação das tecnologias da 4ª Revolução industrial, a indústria 4.0, para produção de produtos de valor agregado da floresta por seus povos, são apontados neste artigo.

“...o desmatamento da floresta Amazônica foi e continua sendo o resultado da combinação de um conjunto complexo de fatores políticos, econômicos, sociais e ambientais, cujo enfrentamento requer sua compreensão e a imposição de caminhos alternativos.”

2. Do “conquistar” para o compreender e utilizar os serviços ambientais da Floresta

Várias foram as iniciativas ao longo da história do Brasil, voltadas para alavancar o desenvolvimento econômico da Amazônia. A primeira e mais notável foi associada ao ciclo da borracha, marcado pela extração e comercialização do látex, ocorrido em dois ciclos principais: o primeiro de 1879 a 1912 e o segundo de 1942 a 1945, os quais, não obstante o grande afluxo financeiro devido à comercialização do látex, foi de curta duração (Souza, 2019).

Já dentre os esforços governamentais para o desenvolvimento econômico da Amazônia, citam-se como exemplo a criação de órgãos de fomento ao desenvolvimento regional, tal como a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) pelo Governo Castelo Branco em 1966, eventualmente sucedida pela Agência de Desenvolvimento Amazônico (ADA) em 2002. Essas agências atuaram sob o paradigma de uma industrialização voltada principalmente para a produção de bens de consumo, com a criação da Zona Franca de Manaus em 1967, por meio do Decreto-Lei nº 288/67, que oferecia incentivos fiscais para fixação de fábricas para a montagem de produtos eletroeletrônicos e veículos motorizados no entorno de Manaus. Contudo, tais iniciativas não levavam em conta a utilização e a manutenção da riqueza genética e da biodiversidade da floresta Amazônica. Com o crescente reconhecimento da importância da riqueza biodiversa da floresta Amazônica, no início dos anos 2000 a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) criou o Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA) como uma tentativa de alavancar o desenvolvimento econômico da região através da pesquisa aplicada sobre os ativos da biodiversidade da floresta, sem, contudo, ter alcançado resultado significativo até o momento.

Uma nova luz para o conceito de “desenvolvimento” para a região emergiu lentamente durante a última década, através da aplicação de ciência, tecnologia e inovação para lidar com a extraordinária riqueza biodiversa da Floresta. Como marcos institucionais iniciais da pesquisa científica na Região pode-se citar a criação de Institutos de Pesquisa e Universidades em Manaus e Belém (e.g. o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA; as Universidades Federal e Estadual do Amazonas - UFAM e UEA; o Museu Emílio Goeldi e a Universidade Federal do Pará - UFPA, entre outros). Não obstante, a formação de pesquisadores pelas Universidades e Institutos de Pesquisa Amazônicos permaneceu muito aquém do número de cientistas necessários para compreender e conceber novos paradigmas para a promoção das riquezas Amazônicas, permanecendo inclusive muito abaixo da média nacional de formação de pesquisadores doutores. Tal insuficiência da infraestrutura de pesquisa e ensino na Região repercutiu negativamente para a adoção de políticas de desenvolvimento regional que promovessem a manutenção da floresta e suas riquezas.

3. Terceira Via como paradigma de desenvolvimento sustentável para a Amazônia

Nobre *et al.* (2016) aponta para uma terceira via de desenvolvimento da Amazônia, que se diferencia dos dois modos que historicamente dominaram as políticas de desenvolvimento para a Região: a proteção de grandes áreas e a conversão da floresta para a produção de proteínas vegetal/animal. No primeiro caminho (i) foi adotada uma abordagem de conservação da floresta com grandes áreas de território legalmente protegidas de qualquer atividade econômica e humana fora dos povos indígenas – que compreendem 2,1 milhões de km², ou cerca de 43% da Amazônia brasileira (Crisostomo *et al.*, 2015; Rolla e Ricardo, 2009; Adeney *et al.*, 2009); e o outro caminho (ii) foi uma abordagem que se concentrou na conversão ou degradação das florestas para a produção de produtos proteicos (por exemplo, carne e soja)

ou madeira tropical na fronteira florestal, assim como na construção de enorme capacidade de geração de energia hidroelétrica – que em conjunto têm sido historicamente responsável pelo desmatamento maciço da Amazônia e gerou outras externalidades negativas significativas (Walker *et al.*, 2013; Diniz *et al.*, 2015). A título ilustrativo, vale lembrar esforços como a chamada moratória da soja: um compromisso assumido pelas empresas de soja de não comercializar soja produzida em áreas desmatadas na Amazônia brasileira após julho de 2006, isso, em boa medida, por pressão de países europeus. No entanto, depois que a China se torna o primeiro parceiro comercial do Brasil, essa iniciativa se enfraquece bastante dada a crescente demanda pela soja por parte do gigante asiático.

A promoção da intensificação da agricultura de grãos (Verburg *et al.*, 2011) e maior intensificação da pecuária para aumentar substancialmente a produção de carne em áreas já desmatadas através da recuperação de pastagens degradadas (Lapola *et al.*, 2010) têm sido sugeridas como uma “ponte de transição” para um modelo de desenvolvimento sustentável mais seguro. No entanto, tais atividades são inconsistentes com a rigorosa meta de desflorestamento zero, necessária, entre outras coisas, para a estabilização das alterações climáticas.

Quanto à geração de energia elétrica, dado o enorme potencial subexplorado de geração de energia renovável central e distribuída e de eficiência energética do Brasil em regiões muito mais próximas dos centros de consumo (Miranda *et al.*, 2015; Nogueira *et al.*, 2015) versus a demanda de energia na Amazônia, que pode ser atendida por fontes renováveis locais (Mohammed *et al.*, 2014; Alves, 2010; Caneppele e Gabriel Filho, 2015), argumentamos que deveria ser viável planejar aumentos na capacidade de geração de energia que não dependam de nova capacidade hidrelétrica da Amazônia.

Já os ativos biológicos (por exemplo, biomiméticos) da Amazônia podem ser revolucionários para inovações avançadas na produção de energia. Na natureza, a fotossíntese gera energia para as plantas, e os microrganismos geram a sua própria energia a partir de outras fontes (por exemplo, bactérias fixadoras de enxofre). Esses processos inspiraram inovações em células de combustível microbianas avançadas (Rabaey e Verstraete, 2005). Além disso, a espécie de rã *Tungara*, que cria espumas de longa duração, inspirou novas tecnologias de geração de energia e de sequestro de dióxido de carbono. Finalmente, as plantas também inspiraram diretamente o design de células solares, gerando potencialmente alternativas muito mais baratas à energia fotovoltaica à base de silício (Service, 2011).

Assim, argumentamos aqui que existe uma Terceira Via de desenvolvimento para a Amazônia⁵, ao nosso alcance, na qual pesquisamos, desenvolvemos e escalamos agressivamente uma nova abordagem de inovação de alta tecnologia, que vê a Amazônia como um manancial de ativos biológicos e designs biomiméticos⁶. Estes, por sua vez, podem permitir a criação de tecnologias inovadoras, produtos, serviços e plataformas de alto valor para mercados atuais e totalmente novos, aplicando uma combinação de avanços tecnológicos digitais, materiais e biológicos avançados aos seus ativos biológicos e biomiméticos privilegiados (Benyus, 2002).

No curto prazo e com uma abordagem de baixa tecnologia, estimamos que é bastante viável desenvolver uma série de cadeias de valor de produtos baseadas na biodiversidade, capazes de alcançar os mercados globais com uma diferenciação única (Nogueira *et al.*, 2010; Pandey, 1998). Esta nova economia tem potencial para se tornar muito maior do que a atual, baseada no uso insustentável dos recursos naturais da Amazônia. Vários produtos da biodiversidade da Amazônia, como o babaçu (*Attalea speciosa*), o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e a castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) já impactaram as economias locais, e há muitos mais a serem descobertos e comercializados (Barata, 2012). Outro exemplo emblemático é

5. A Primeira Via é a da conservação. Já a Segunda Via é o modelo adotado na década de 1970, de um desenvolvimento baseado na exploração intensiva de recursos naturais, sobremodo, agropecuária, mineração e energia. Por fim, a Terceira Via, aqui explicada, em síntese, surge como “uma bioeconomia de floresta em pé”, com exploração sustentável e alinhada às demandas do século XXI e da 4ª Revolução Industrial.

6. Designs biomiméticos são processos e sistemas encontrados no mundo natural e inspirados na natureza para ajudar a resolver problemas humanos (e.g. Benyus, 2002).

“...existe uma Terceira Via de desenvolvimento para a Amazônia, ao nosso alcance, na qual pesquisamos, desenvolvemos e escalamos agressivamente uma nova abordagem de inovação de alta tecnologia, que vê a Amazônia como um manancial de ativos biológicos e designs biomiméticos. Estes, por sua vez, podem permitir a criação de tecnologias inovadoras, produtos, serviços e plataformas de alto valor para mercados atuais e totalmente novos, aplicando uma combinação de avanços tecnológicos digitais, materiais e biológicos avançados aos seus ativos biológicos e biomiméticos privilegiados.”

“...a 4ª Revolução Industrial abre um novo paradigma de ver as regiões tropicais não apenas como fontes potenciais de recursos naturais e biodiversidade, mas também como reservas de precioso conhecimento biomimético biológico que pode alimentar um novo modelo de desenvolvimento, beneficiando tanto as populações locais/indígenas como o mundo em geral.”

o caso de peptídeos extraídos do veneno da jararaca (*Bothrops jararaca*) no tratamento da hipertensão, fruto das pesquisas do médico brasileiro Sérgio H. Ferreira. Associado à biopirataria, o fármaco desenvolvido e patenteado pela Bristol-Meyers Squibb — o captopril — é o hipertensivo mais vendido na Europa e nas Américas. Fármacos, por exemplo, com base em plantas amazônicas contrabandeadas, industrializam-se no exterior, exacerbando, pois, os riscos associados aos bionegócios que ocorrem na clandestinidade.

Contudo, para além destes novos desenvolvimentos na direção certa, a 4ª Revolução Industrial abre um novo paradigma de ver as regiões tropicais não apenas como fontes potenciais de recursos naturais e biodiversidade, mas também como reservas de precioso conhecimento biomimético biológico que pode alimentar um novo modelo de desenvolvimento, beneficiando tanto as populações locais/indígenas como o mundo em geral.

4. A Amazônia 4.0

Essa iniciativa aplica o conceito da 4ª Revolução Industrial em processos produtivos na floresta Amazônica para demonstrar a viabilidade socioeconômica, ambiental e cultural de uma nova bioeconomia para a Amazônia. Unindo conhecimentos científicos e ancestrais, os empreendimentos propostos pela iniciativa Amazônia 4.0 são inovadores, promovendo o protagonismo dos povos tradicionais e indígenas na socioeconomia local, voltada para o mercado global e baseada nos produtos florestais que costumam manejar. O projeto implementa soluções inovadoras baseadas nas tecnologias da 4ª Revolução Industrial para agregar valor econômico, ambiental e cultural aos produtos florestais produzidos pelos povos da Amazônia.

As populações tradicionais e indígenas que vivem dentro e ao redor da floresta têm profundo conhecimento sobre ela. Eles provam a cada dia que é possível e desejável viver em equilíbrio com a natureza. Contudo, existe um desequilíbrio quanto à sua participação na economia atual, pois a sua produção é normalmente constituída de matéria-prima de baixo valor comercial, à qual é agregado valor em seus locais de destino. Assim, a aplicação dos métodos e práticas da iniciativa Amazônia 4.0 visa contribuir para mudar tal assimetria, agregando valor aos produtos localmente. Há um forte desejo por parte destas populações para melhorar a sua qualidade de vida e rendimento, através do aprimoramento das cadeias de valor locais.

Por outro lado, a floresta está sob contínua pressão por forças econômicas da expansão da fronteira agropecuária extensiva e atividade extrativista madeireira, provocando o avanço do desmatamento da floresta. As observações científicas sobre as alterações climáticas mostram que a floresta Amazônica está perdendo sua resiliência milenar e pode não estar longe do ponto de avanço sem retorno no seu processo de “savanização”. Segundo Flores *et al.* (2024), a savanização já é uma realidade e pode atingir seu ponto crítico até 2050, em decorrência de ações antrópicas, como desmatamento e queimadas. Diante de tais evidências científicas, é fundamental mudar a lógica de valorização da floresta, construindo uma nova bioeconomia inclusiva para a proteção dos ecossistemas, beneficiando as comunidades na região e servindo de modelo no combate às mudanças climáticas.

4.1 Oportunidades para mudar: descobrindo valores ocultos da floresta.

Na visão de utilização de tecnologias emergentes da 4ª Revolução Industrial, surgem novas oportunidades de soluções para manter a floresta em pé: combinando o potencial florestal com as mais recentes tecnologias, criando espaços para iniciativas empresariais locais com vistas ao mercado global de produtos da floresta. Historicamente, os mecanismos de cooperação amazônicos estimularam insuficientemente o aproveitamento, por exemplo, da experiência milenar da cultura florestal dos povos indígenas no

manejo dos recursos. Análises de impactos regulatórios sobre biodiversidade, biotecnologia e biocomércio continuam na lista de espera das prioridades governamentais, o que obsta avanços quanto à exploração das potencialidades do biotrader. Ademais, o letárgico avanço das pesquisas em biotecnologia nas academias pan-amazônicas retarda o uso da biodiversidade para o progresso da região. E, entre os países atuantes nessa mobilização estão os que formam o *Group of Like Minded Megadiverse Countries (LMMC)*, destacando que foi criado em 2002, sendo o grupo formado por 17 países que representam entre 60 a 70% da biodiversidade do planeta (Bolívia, Brasil, China, Colômbia, Costa Rica, República Democrática do Congo, Equador, Índia, Indonésia, Quênia, Madagascar, Malásia, México, Peru, Filipinas, África do Sul, Venezuela).

Em síntese, a iniciativa Amazônia 4.0 consiste em promover uma economia florestal sustentável, que supere amplamente outras alternativas que competem pelo mesmo espaço e recursos. Entre vários casos, temos o cacau e o açaí, nativos da região amazônica e sendo bastante abundantes, mas que são manejados pelas populações locais principalmente como matéria-prima. Por outro lado, ao serem processados, os frutos da floresta podem se tornar chocolate de qualidade e suplementos nutracêuticos antioxidantes, respectivamente, multiplicando desta forma o valor do produto relativamente à venda da matéria-prima bruta.

Assim, utilizando as mais avançadas tecnologias industriais para a transformação, tal processo pode ser alcançado diretamente a partir das cooperativas locais e associações de produtores de cacau. Com alta qualidade para acessar os mercados mundiais, o chocolate fino de origem amazônica passa a ser uma iguaria de grande valor comercial.

As atividades da iniciativa Amazônia 4.0 são voltadas às populações tradicionais amazônicas como extrativistas, quilombolas, ribeirinhos, assentados da reforma agrária e indígenas. Populações estas que corajosamente administram os recursos biológicos da floresta, mantendo-a em pé, e/ou cultivando sistemas agroflorestais, fazendo a floresta voltar a crescer. Fruto de um trabalho colaborativo de co-criação, a iniciativa Amazônia 4.0 trabalha elaborando soluções para estratégias reais de desenvolvimento sustentável, concebidas para chegar a todos os povos da floresta; da ideação ao desenvolvimento tecnológico e implementação de soluções.

Mas para trazer desenvolvimento genuinamente socioeconômico, ambiental e culturalmente sustentável ao grande território amazônico e inspirados na Natureza, é necessário construir um verdadeiro ecossistema de inovação, sustentabilidade e negócios.

Assim, são alinhadas estratégias e ações com setores como Indústria, Mercado e Investimentos. Das parcerias com Universidades e com o renovado CBA, agora Centro de Bionegócios da Amazônia, surge a investigação, o desenvolvimento, a inovação e a tecnologia que, no conjunto, constituem o cerne do novo paradigma de desenvolvimento socioeconômico ambiental e culturalmente inclusivo na Amazônia.

O projeto se distingue por direcionar a ajuda de organismos multilaterais e de desenvolvimento para promover atividades estruturantes, ao mesmo tempo que para abrir caminho e dar origem a políticas públicas de real desenvolvimento e conservação ambiental integral.

Contrário ao conceito popular de que a Amazônia constitui um enorme vazio populacional, o público-alvo da iniciativa Amazônia 4.0 reside, segundo o IBGE, em 4.438 localidades, somente consideradas aquelas na Amazônia brasileira. Não há vazio demográfico na Amazônia. Além do mais, as soluções de desenvolvimento socioeconômicas-tecnológicas de última geração desenvolvidas pela iniciativa Amazônia 4.0 podem ser aplicadas em qualquer local, independente de seu isolamento das infraestruturas de abastecimento de energia, telecomunicações ou rodovias.

“Mas para trazer desenvolvimento genuinamente socioeconômico, ambiental e culturalmente sustentável ao grande território amazônico e inspirados na Natureza, é necessário construir um verdadeiro ecossistema de inovação, sustentabilidade e negócios.”

4.2 Os Laboratórios Criativos da Amazônia - LCA⁷

A implantação dos LCAs constitui o ferramental através do qual todo o treinamento e capacitação das populações da floresta nas mais avançadas técnicas na produção de produtos de alto valor agregado (e.g. o chocolate) são realizadas. Os LCAs são completamente auto suficientes na geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos e telecomunicações satelitárias móvel. A primeira experiência de implementação do LCA-Amazônia 4.0 foi realizada com total sucesso na localidade de ribeirinhos do território indígena tupinambá na reserva extrativista tapajós-arapiuns, às margens do rio Tapajós, no Pará.

Assim, os principais impulsionadores da iniciativa são a abundância dos sistemas florestais e agroflorestais e a população local. Novas tecnologias e processos de produção inteligentes formam a ponte para o bionegócio local e a realização de alto valor econômico através do acesso ao mercado mundial de produtos de alto valor agregado da floresta.

Adicionalmente, a iniciativa Amazônia 4.0 está totalmente engajada na gestão ambiental da mudança para superação da crise climática global, no que tange à preservação da Floresta Amazônica e à não geração de quaisquer poluentes em seus locais de implantação.

Fundamentada num sistema de cooperativismo, a iniciativa representa um marco decisivo para o Brasil se colocar como nação protagonista do valor da Floresta e seus povos, afirmando sua soberania nacional e planetária, através do desenvolvimento de ações práticas de proteção da Floresta e seus habitantes e na geração de produtos de alto valor agregado de interesse econômico global.

A iniciativa Amazônia 4.0 representa um pilar estruturante do desenvolvimento nacional. Constitui um potente eixo de desenvolvimento da bioeconomia baseada na alavancagem dos valores florestais, com riqueza equitativa para as comunidades amazônicas, impulsionando mudanças no padrão de uso da terra. E assim, garantindo que os serviços ecossistêmicos amazônicos continuarão a funcionar, mitigando os efeitos mais graves das alterações climáticas na Terra.

4.3 Alguns números da bioeconomia como alavanca do desenvolvimento sustentável nacional

Segundo relatório do World Resources Institute (WRI, 2023), ao acabar com o desmatamento e descarbonizar a economia, o Brasil poderia criar centenas de milhares de empregos adicionais somente na região da Amazônia Legal até 2050, beneficiando particularmente as comunidades negras e indígenas e adicionando outras tantas centenas de milhares de empregos em toda a economia do Brasil. Adicionalmente, a ampliação da bioeconomia com base na utilização dos recursos tecnológicos da quarta revolução industrial aplicados à riquíssima diversidade biológica Amazônica, ao utilizar recursos biológicos renováveis, poderia aumentar o PIB da bioeconomia em dezenas de bilhões de Reais por ano (WRI, 2023), comercializando produtos regionais de valor agregado mundialmente, tais como os produtos com base no açaí e o chocolate de cupuaçu. Adicionalmente, proteger os serviços ecossistêmicos da Amazônia, como a regulação das chuvas, é fundamental para a agricultura do Brasil, já que 96% da área agrícola do país depende exclusivamente da irrigação com água da chuva.

“A iniciativa Amazônia 4.0 representa um pilar estruturante do desenvolvimento nacional. Constitui um potente eixo de desenvolvimento da bioeconomia baseada na alavancagem dos valores florestais, com riqueza equitativa para as comunidades amazônicas, impulsionando mudanças no padrão de uso da terra. E assim, garantindo que os serviços ecossistêmicos amazônicos continuarão a funcionar, mitigando os efeitos mais graves das alterações climáticas na Terra.”

7. Os LCAs são laboratórios móveis que foram criados para demonstrar uma das potencialidades de uma nova bioeconomia na produção de produtos de alto valor agregado.

5. Conclusões

Ao buscar um modelo de desenvolvimento sustentável com base em seu potencial biodiverso associado às tecnologias da quarta revolução industrial, porém de modo socialmente inclusivo e de baixo carbono, o Brasil pode passar a trilhar um caminho de crescimento socioeconômico robusto e equitativo, libertando-se de um legado histórico de país predominantemente exportador de commodities. Ao mesmo tempo em que cumpre seus compromissos climáticos e preserva a inestimável biodiversidade da Amazônia. A transição para esta nova economia é uma oportunidade, não uma restrição, para a região Amazônica como um todo e para o Brasil como nação. Mas para tanto, a incorporação das metodologias aqui apresentadas precisam ser interiorizadas como iniciativas de Estado em todos os estratos da sociedade brasileira. ■

Referências

1. Adeney, J. M., Christensen, N. L. Jr. e Pimm, S. L. (2009) 'Reserves protect against deforestation fires in the Amazon', *PLoS One* 4, e5014. doi:10.1371/journal.pone.0005014
2. Alves, J. J. A. (2010) 'Análise regional da energia eólica no Brasil', *Rev Brasileira Gestão Desenvolvimento Reg*, 6(1), pp. 165-188.
3. Aragão, T. (2020) 'Estudo revela contaminação por mercúrio de 100% dos Munduruku do Rio Tapajós', *Amazônia Real*, 26 Novembro. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/estudo-revela-contaminacao-por-mercuro-de-100-dos-munduruku-do-rio-tapajos/> (Acesso: 20 jul. 2024).
4. Barata, L. E. S. (2012) 'A economia verde – Amazônia', *Cienc Cult*, 64, 31–35. <https://doi.org/10.21800/S0009-67252012000300011>
5. Benyus, J. (2002) *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Perennial, 1st Ed, New York.
6. Bottino, M. J. et al. (2024) 'Amazon savannization and climate change are projected to increase dry season length and temperature extremes over Brazil', *Sci. Rep.*, 14, 5131. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55176-5>
7. Boulton, C. A., Lenton, T. M. e Boers, N. (2022) 'Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s', *Nat. Clim. Change*, 12, pp. 271-278. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>.
8. Caneppele, F. L. e Gabriel Filho, L. R. A. (2015) 'Current overview of the use of solar energy in Brazil', *UNOPAR Cient Cienc Exatas Technol*, 13(1), pp. 69-74.
9. Crisostomo, A. C. et al. (2015) *Terras Indígenas na Amazônia Brasileira: Reservas de Carbono e Barreiras ao Desmatamento* (Inst Pesquisa Ambiental Amazônia, Brasília, Brasil).
10. Diniz, F. H. et al. (2015) 'Mapping future changes in livelihood security and environmental sustainability based on perceptions of small farmers in the Brazilian Amazon', *Ecol Soc*, 20(2), 26. <https://doi.org/10.5751/ES-07286-200226>

11. Flores, B. M., *et al.* (2024) 'Critical Transitions in the Amazon Forest System', *Nature*, 626(7999), pp. 555-564. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06970-0>.
12. Haddad, E. A. *et al.* (2024) 'Economic drivers of deforestation in the Brazilian Legal Amazon', *Nat. Sustain.* <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01387-7>
13. Lapola, D. M., *et al.* (2010) 'Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil', *Proc Natl Acad Sci USA* 107(8), pp. 3388-3393. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907318107>
14. Ibama (2024) Desmatamento na Amazônia apresenta redução de 62,2%, aponta MapBiomas. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/noticias/2024/desmatamento-na-amazonia-apresenta-reducao-de-62-2-aponta-mapbiomas#> (Acesso: 20 ago. 2024).
15. Miranda, R. F. C. *et al.* (2015) 'Technical-economic potential of PV systems on Brazilian rooftops', *Renewable Energy*, 75, pp. 6943713. doi: 10.1016/j.renene.2014.10.037
16. Mohammed, Y. S. *et al.* (2014) 'Hybrid renewable energy systems for off-grid electric power: Review of substantial issues', *Renewable Sustainable Energy Rev*, 35, pp. 527-539. doi: 10.1016/j.rser.2014.04.022
17. Nobre, C. A. *et al.* (2016) 'Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm', *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 113(39), pp. 10759-10768. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
18. Nobre, I. "A Iniciativa Amazônia 4.0 - Laboratórios Criativos da Amazônia". <https://amazonia4.org/>
19. Nobre, P. *et al.* (2009) 'Amazon deforestation and climate change in a coupled model simulation', *J Clim.*, 22, pp. 5686-5697.
20. Nogueira, L. A. H. C *et al.* (2015) 'Evaluation of the energy impacts of the Energy Efficiency Law in Brazil', *Energy Sustainable Dev*, 24, pp. 58-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2014.12.002>
21. Nogueira, R. C., Cerqueira, H. F. de e Soares, M. B. P. (2010) 'Patenting bioactive molecules from biodiversity: The Brazilian experience', *Expert Opin Ther Pat*, 20, pp. 145-157. <https://doi.org/10.1517/13543770903555221>
22. Pandey, R. C. (1998) 'Prospecting for potentially new pharmaceuticals from natural sources', *Med Res Rev*, 18, pp. 333-346.
23. Rabaey, K., e Verstraete, W. (2005) 'Microbial fuel cells: Novel biotechnology for energy generation', *Trends Biotechnol*, 23, pp. 291-298. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2005.04.008>
24. Rolla, A. e Ricardo, F. (2009) *Amazônia Brasileira*. Instituto Socioambiental (Inst Socioambiental, Brasília, Brasil).
25. Santos, A. M. D. *et al.* (2021) 'Deforestation drivers in the Brazilian Amazon: assessing new spatial predictors', *J. Environ. Manage.*, 294, 113020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113020>
26. Service, R. F. (2011) 'Artificial leaf turns sunlight into a cheap energy source', *Science*, 332(6025). <https://doi.org/10.1126/science.332.6025.25>
27. Souza, M. (2019) *História da Amazônia: do período pré-colombiano aos desafios do século XXI*. Editora Record.

28. Verburg, R. *et al.* (2011) 'Towards a low carbon economy in the Amazon: The role of land-use policies', *Sustentabilidade Debate*, 2, pp. 83-96. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v2n2.2011.5820>

29. Walker, N. F. *et al.* (2013) 'From Amazon pasture to the high street: Deforestation and the Brazilian cattle product supply chain', *Trop Conserv Sci*, 6, pp. 446-467. <https://doi.org/10.1177/194008291300600309>

30. WRI (2023) *Ending Deforestation in the Amazon Can Grow Brazil's GDP*. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/zero-amazon-deforestation-can-grow-brazil-gdp> (Acesso em: 31 jul. 2024)