

I - INTRODUÇÃO

O enfrentamento das mudanças climáticas decorrentes do aumento das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) resultantes das atividades humanas é o maior desafio comum para os próximos anos.

O aquecimento global causado pelo acúmulo desses gases na atmosfera trará consequências sérias, especialmente para os países tropicais, onde haverá mais dias com temperaturas acima de 50º Celsius e grande risco para a integridade da floresta amazônica. A floresta amazônica tem a chave do regime de chuvas da região central do Brasil, onde se desenvolve grande parte da nossa agropecuária e nascem os principais rios que movimentam nosso parque de geração hidroelétrica.

As mudanças climáticas só serão adequadamente enfrentadas através da atuação conjunta de todos os países do mundo, o que tem motivado as periódicas Conferências do Clima promovidas pela ONU. Na Conferência de 2015, cada país concordou em oferecer sua Contribuição Decidida a Nível Nacional (NDC) para a redução das emissões de GEE. Não houve padronização das NDCs, havendo países em que elas incluíam todas as atividades econômicas do país, e países onde elas incluíam objetivos para apenas alguns setores. Além disso, verificou-se que o conjunto de NDCs não era suficiente para impedir que a temperatura média global em 2100 subisse menos de 2°C, o que representa sério risco para a estabilidade das sociedades humanas nas próximas décadas. Para evitar o aquecimento global para além daquele valor (ou de 1.5°C) mostrou-se imperativo que as emissões líquidas mundiais de Carbono e outros GEEs fossem zeradas até 2050, como destacado na Conferência do Clima em Glasgow em 2021. Essa meta vem sendo adotada por um número crescente de países, traduzindo para os objetivos nacionais a responsabilidade pela solução conjunta do problema da mudança climática.

Focar em estratégias para trazer as emissões líquidas de CO2 e demais GEE para zero é uma maneira transparente e efetiva de se preparar as economias para enfrentar a ameaça de mudança climática. Essa meta facilita a coordenação de esforços, minimizando custos de transição e estimulando o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias para abater as principais fontes de emissões de GEE. Perto de 60% das emissões globais de GEE, que somam o equivalente a 55 bilhões de toneladas anuais de gás carbônico em termos de potencial de aquecimento (CO2eq), derivam da queima de combustíveis fósseis para a geração de energia. Os restantes 40% derivam principalmente de alguns processos industriais específicos, como a siderurgia e produção de cimento, e do desmatamento e outras mudanças do uso do solo (AFOLU). A substituição dos combustíveis fósseis para fontes renováveis (ou não emissoras de CO2) é o grande desafio transição energética, com maior ou menor impacto na economia de todos os países, especialmente na Ásia. O uso de alternativas aos combustíveis fósseis na siderurgia e no cimento— onde esses combustíveis participam de reações químicas essenciais para a transformação da matéria prima (minério de ferro e calcário, respectivamente) no produto final—é um desafio principalmente para as economias em desenvolvimento, onde a infraestrutura física ainda precisa se expandir, demandando o aço e cimento. O fim do desmatamento e o reflorestamento também são indispensáveis para diminuir

¹ Esse documento se beneficia de pesquisa conduzida pelo autor no Centro Steyer-Taylor para Políticas Energéticas e de Finanças na Escola de Direito da Universidade de Stanford.

a quantidade de CO₂ na atmosfera, e podem ser alcançados sem prejuízo à segurança alimentar do planeta ou vigor do setor agropecuário de países como o Brasil.

Olhando a matriz energética e a vastidão e diversidades dos recursos naturais do Brasil, verifica-se que o país tem grandes vantagens em se tornar uma economia com emissões líquidas zero de carbono (ELZ).

O país pode alcançar esse objetivo com maior facilidade do que quase todas economias mundiais. Essa percepção já começa a atrair investimentos e criará muitos empregos no Brasil, podendo se tornar um eixo de desenvolvimento na atual década e depois. A maior parte das alternativas existentes para se chegar a uma economia ELZ no Brasil são mais baratas do que as opções convencionais, o que significa que adotá-las aumenta a produtividade do país e sua riqueza. As alternativas para chegarmos a ELZ podem fortalecer a agricultura e a balança comercial, melhorar a distribuição de renda, e promover o domínio da ciência e tecnologia no país, como já se vai vendo com o surgimento de inúmeras *startups* em busca de soluções aos desafios climáticos associados a negócios em grande número de setores, razões pelas quais é do interesse do país se mover rápido, capturando essa vantagem em relação a outros países.

Bom planejamento, definição de prioridades e segurança jurídica são a chave para uma estratégia de desenvolvimento para os próximos 15 anos que leve o Brasil a uma economia ELZ. Isso pode ser alcançado sem depender de grandes subsídios, se o Brasil partir na frente, distinguindo-se ainda mais entre os países emergentes como um destino seguro para investimentos, especialmente aqueles mais resistentes aos riscos associados à mudança climática. Escolhas tomadas agora podem baixar o custo de capital e impulsionar a criação de bons empregos no Brasil—como aliás já tem ocorrido com a indústria eólica, solar, da madeira e do etanol, entre outras. O reconhecimento do custo das emissões de GEE, refletido em um preço do carbono podem acelerar a transição energética e da agricultura sem causar pressões macroeconômicas negativas e estimulando o investimento em tecnologias mais eficientes, muitas delas desenvolvidas localmente por novas empresas dedicadas. O preço da energia pode cair, porque os parques de geração de energia renovável podem ser modulares, o que tende a aumentar a concorrência e diversificar as fontes de capital, com efeitos positivos sobre preços. A venda de créditos de carbono pode criar incentivos a boas práticas no campo e proteger a floresta, criando um novo futuro para nossa agropecuária. Como muitos já observaram, a questão ambiental e climática deixou de ser do interesse apenas de organizações não governamentais ou da filantropia e adquiriu forte cunho econômico, com retornos positivos se o país adotar uma estratégia coerente para aproveitar os recursos e vantagens que detém, inclusive as decorrentes do nosso arcabouço regulatório e relativa segurança jurídica.

Esse documento, mais do que um “Plano Verde”, apresenta elementos de uma estratégia de desenvolvimento econômico e social baseada nas oportunidades de uma agenda climática. Ele discute as oportunidades em vários setores da economia, e medidas de organização do governo para ajudar a implementar essa agenda e promover a retomada da economia no pós-covid, em um ambiente global complexo. Avançar na direção de uma economia ELZ vai gerar emprego e aumentar nossa competitividade, melhorando na qualidade de vida dos brasileiros, inclusive no interior do país. O maior envolvimento de empresas grandes e pequenas e agentes financeiros com a agenda de sustentabilidade e a voz da sociedade, incluindo os trabalhadores, os jovens e os moradores da Amazônia, podem levar a um verdadeiro Pacto de Crescimento Verde, ou *Green Deal* para os que gostam de expressões inglesas.

II - AS OPORTUNIDADES DE CRESCIMENTO TRAZIDAS PELA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL

A - A matriz energética e a expansão das energias renováveis

A matriz energética brasileira é muito menos dependente de combustíveis fósseis do que aquela das grandes economias avançadas ou em desenvolvimento. A energia hidroelétrica e os biocombustíveis criaram essas condições, que poderão ser ampliadas com o sucesso das energias renováveis. A percepção dessas vantagens e a existência de um marco regulatório razoável para o setor de energia elétrica, têm promovido um fluxo robusto de investimentos domésticos e internacionais na geração solar e eólica, que hoje já prescindem dos subsídios que ainda persistem. *Apesar da desaceleração da expansão da geração elétrica em alguns anos recentes, o Brasil deve e pode adicionar pelo menos 10GW de capacidade de geração por ano, cifra que poderia alcançar 20GW pelo final da década se houver um planejamento adequado.*

A complementariedade da geração solar, eólica e hidráulica no Brasil é uma vantagem que vem sendo aproveitada e que merece ser reforçada pela regulação do setor. A geração eólica é maior à noite e na época seca, períodos de menor produção solar e hidráulica. Apesar da constância dos ventos e excelente radiação em muitas áreas do Brasil, as duas fontes sempre apresentam alguma flutuação e intermitência na geração elétrica. Isso abre um grande papel para as hidroelétricas funcionarem cada vez mais como “bateria” do sistema elétrico, ao invés de prover a energia de base. Essa mudança de papel é compatível com a exaustão do crescimento da produção hidroelétrica—que torna a construção de usinas de maior porte onerosa e com altos riscos ambientais—e torna urgente a revisão de alguns aspectos da regulação do setor hidroelétrico. É necessária a reavaliação do volume de energia firme (“garantia física”) das atuais usinas em função da real vazão e múltiplos usos da água que as alimenta, e a precificação dos diferentes serviços proporcionados por elas. *A necessária atualização regulatória ser feita no contexto da transferência do controle da Eletrobrás tem atrativos, permitindo que seus eventuais custos e ganhos sejam internalizados pelo setor público, diminuindo a incerteza para os futuros acionistas da empresa.*

O potencial de geração elétrica solar e eólica é suficiente para abastecer o mercado brasileiro nas próximas décadas: a atual capacidade instalada total de geração elétrica no Brasil, de cerca de 200GW contrasta com um potencial solar de mais de 500GW e um potencial eólico em terra e no mar de quase 1500GW, cujo desenvolvimento custa na margem menos do que a ampliação da geração com combustíveis fósseis ou físseis. O investimento em geração solar e eólica é muito menos complexo do que a construção de usinas hidroelétricas, podendo ser executado por um número maior de agentes, facilitando, assim a diversificação de investidores, a concorrência e os baixos preços na expansão da oferta de energia, sem necessidade de subsídios. O investimento privado na transmissão da energia elétrica é bem estabelecido no país, com baixo risco e financiamento fácil. *O planejamento da expansão da transmissão e o alinhamento de incentivos para garantir a conexão de novos projetos de energia renovável de maneira ordenada e previsível, mas com flexibilidade, são ingredientes essenciais para a expansão rápida e eficiente da geração eólica e solar no Brasil.*

B - A eletrificação do transporte

A eletrificação do transporte no Brasil é viável e não inflacionária se a geração com fontes renováveis crescer e as possibilidades oferecidas pelos biocombustíveis, especialmente o etanol, forem

aproveitadas. O transporte movido a diesel e gasolina é a principal fonte de GEE da economia não agrária brasileira, com emissões de 200MtCO₂ anuais. O setor corresponde a 20% das emissões brasileiras excluindo aquelas causadas pelo desmatamento, e a 40% quando também se excluem as emissões da pecuária. Vários países já decidiram eliminar o motor a combustão interna como forma de tração dos veículos terrestres nos próximos 15 anos, sendo a tecnologia dos veículos elétricos (VE) com baterias a solução mais favorecida nas economias avançadas. A eletrificação da nossa frota rodoviária projetada para 2030-50 usando energia da rede elétrica exigiria duplicar a atual geração de energia elétrica nesse período. Os investimentos necessários para essa duplicação, e para o indispensável reforço da distribuição de energia elétrica, podem se pagar com a economia alcançada com a redução do consumo de combustíveis fósseis que eles permitiriam (supondo o petróleo a \$60-80 por barril). O maior desafio para a eletrificação dos veículos atualmente é a produção de baterias, ainda cara e dependente de insumos às vezes difíceis de encontrar, apesar das perspectivas de produção de alguns ingredientes como o lítio no Brasil e a disseminação de baterias baseadas no ferro e sem líquidos.

É possível e vantajoso haver uma rápida eletrificação da frota de transporte coletivo de passageiros. A tecnologia de ônibus urbanos elétricos já existe e é adotada com sucesso em numerosas cidades ao redor do mundo, exigindo investimentos moderados no reforço da distribuição de energia nos pontos de recarga da frota. Essa transição pode ser muito facilitada por algumas alterações regulatórias relativamente simples e por arranjos financeiros que permitam que o custo das baterias seja amortizado com a economia de diesel que a transição proporcionará. Seus efeitos na qualidade de vida nas cidades serão positivos, grandes e rápidos, e a adaptação do parque nacional de produção de ônibus uma oportunidade de fortalecê-la e integrá-la mais aos mercados internacionais. *A modernização da regulação federal para cálculo de tarifas, que vem dos anos 1970, pode ser um ingrediente chave para acelerar a eletrificação dos ônibus, sinalizando condições estáveis para o financiamento da frota de coletivos.*

O Brasil pode acelerar a eletrificação dos veículos leves e semipesados com o uso de motores híbridos em série (VEHS) alimentados pelo etanol. É bem conhecido o desafio de garantir pontos de recarga para os veículos elétricos alimentados na rede de distribuição. Essa garantia é viável, mas será gradual, não devendo ser acelerada pela concessão de subsídios, especialmente considerando as opções oferecidas pelos veículos híbridos, cuja recarga se dá com os combustíveis convencionais. Veículos híbridos com arranjo em série, que são aqueles em que o motor a combustão interna é usado apenas para alimentar a bateria do veículo, e a tração é garantida exclusivamente pelo motor elétrico, são ideais para veículos leves no tráfego urbano, e podem ter custos de construção e manutenção bastante baixos. Suas baterias são tipicamente 10 a 30 vezes menores do que a de um veículo elétrico recarregado estaticamente na rede elétrica. Um carro a álcool com motor híbrido em série (VEHS) poderá rodar mais de 15-20km na cidade com um litro de álcool, valendo-se da eficiência dos motores elétricos (85% x 25% da dos motores convencionais) e da recuperação da energia na frenagem que esses motores oferecem. Eles não precisam de caixa de marcha e o gerador a álcool pode ser muito mais simples que um motor de tração. *Coordenar a eletrificação da frota nacional de veículos leves, estabelecendo objetivos ambiciosos de eficiência energética para os veículos híbridos (em série) promoverá o desenvolvimento de tecnologia nacional com interesse global, preservando o emprego nas redes de distribuição de combustível e na produção do etanol.*

A eletrificação dos veículos pesados ainda não tem uma tecnologia dominante, mas poderá ser facilitada com a recarga dinâmica das baterias dos caminhões nas principais rodovias. A recarga dinâmica das baterias através de fios sobre as estradas (como nas ferrovias) ou sem contato, a partir de uma fonte sob o asfalto é viável e evita o peso de várias toneladas de uma bateria que garanta 300-500km

de autonomia a um caminhão pesado. Ela pode não se aplicar para o transporte de grãos em grandes distâncias—idealmente proporcionado por ferrovias e hidrovias. Mas ela se aplica à logística entre centros urbanos com aumento de produtividade, especialmente se combinada com o uso de navegação autônoma e pistas exclusivas para esses veículos nas principais rodovias brasileiras. *Incluir o planejamento da recarga dinâmica de caminhões nas rodovias concessionadas, com pagamento automático da eletricidade extraída pelo caminhão durante o percurso por elas, facilitará o financiamento dessa infraestrutura, com economia na operação dos veículos pesados e grande redução de emissões de CO₂.*

Outros biocombustíveis poderão contribuir para reduzir emissões, especialmente no transporte aéreo.

O etanol de milho obtido da segunda safra reforça a competitividade da soja, enquanto o biodiesel de soja compete com o uso do grão para alimentação humana ou animal. Uma cultura incipiente, mas muito produtiva e que pode sustentar milhares de famílias na Amazônia Oriental (leste do Pará) é a do dendê, cujo óleo processado serve como combustível de aviação (SAF). Misturar 15% de SAF no combustível consumido mundialmente pelas linhas aéreas exigiria 15 milhões de hectares dessas palmeiras.

C - As possibilidades do Hidrogênio

O hidrogênio é uma forma de contornar a dificuldade de transmitir grandes volumes de eletricidade entre regiões separadas por oceanos. Ele é um vetor de transporte para o abastecimento de regiões sem fontes próprias de energia renovável, podendo ser levado em navios aonde ele for necessário. Quando produzido por eletrólise, o hidrogênio é chamado de verde (H_{2_v}), sua produção exigindo água e energia elétrica, além de um equipamento cujo custo ainda é alto, mas vem caindo substancialmente. O H_{2_v} poderá vir a ser usado para geração de eletricidade e como insumo nos processos siderúrgico e de produção de cimento—onde ele substituiria o carbono na redução do minério de ferro e na transformação do calcário em cal, à qual em companhia do silício permite a produção do clínquer. O H₂ produzido a partir do gás natural (CH₄) não tem grande vantagem climática, a não ser que o CO₂ liberado no processo de produção seja sequestrado, por exemplo, pela injeção em poços de petróleo.

O custo de produção, transporte e uso do H_{2_v} precisa cair para o produto poder competir com os combustíveis fósseis na provisão de energia. O uso em massa de H_{2_v} exigirá grande quantidade de energia elétrica, ainda que 1 tonelada de H_{2_v} tenha poder calórico quase três vezes maior do que o mesmo peso de petróleo. Hoje, produzir uma tonelada de H_{2_v} exige 40MWh de energia elétrica, o que significa que são necessários 2.4TWh para deslocar 1 milhão de barris de petróleo. Assim, a produção anual de H₂ equivalente a 1Mbbbl/dia exigiria mais de 800TWh/ano, o que é mais do que a atual produção brasileira de eletricidade. Essa energia exigiria uma capacidade instalada de 200-300GW em energia renováveis, o que é substancial, mas financiável, considerando o valor da venda do H₂ sobre uma década. Exportadas a \$1.5/kg essas 18Mt/ano de H₂ gerariam US\$ 27 bilhões por ano para a balança comercial.

O uso do hidrogênio nas chamadas células de combustível não é muito eficiente, especialmente no transporte individual, reforçando a atratividade o etanol no transporte leve. Essas células são um equipamento que separa íons do H₂ para criar a corrente elétrica que moverá um motor. Esse processo de separação gera grande quantidade de calor, o que leva o rendimento total (eficiência térmica) da produção do H_{2_v}, seu transporte (em geral liquefeito ou sob grande pressão), e uso em uma célula de combustível para menos de 20%, ou seja, próximo ao dos veículos convencionais com motores de combustão interna. Um motor híbrido em série com etanol pode ter o dobro dessa eficiência, enquanto um veículo elétrico alimentado na rede elétrica consumiria três ou quatro vezes menos energia do que um alimentado por H_{2_v}. Uma alternativa muito atraente, ainda a ser desenvolvida, seria a de um veículo

em que a produção de H₂ se desse a partir do etanol mediante o processo de “reforma” a bordo. Ela simplificaria muito o transporte do combustível, dada a facilidade de manusear o etanol, e aumentaria a eficiência do processo como um todo por aproveitar o calor produzido pela célula de combustível no processo de “reforma”. *Apoiar a pesquisa para o desenvolvimento da “reforma” do etanol a bordo de veículos, que já existe nas universidades brasileiras e em fabricantes de equipamentos ao redor do mundo, estenderá a viabilidade do etanol, cujo manuseio é mais fácil e seguro do que o do H₂ ou da amônia.*

O consumo de H₂_v no Brasil deve-se dar principalmente no lugar do coque mineral na siderurgia e de petróleo na indústria de cimento, depois de 2030. Investir no uso do gás natural temporariamente no lugar dos combustíveis tradicionais nesses setores pode diminuir suas emissões de CO₂ e o custo de sua transição para o H₂ mais à frente. O armazenamento e uso do H₂_v para compensar a intermitência das fontes renováveis pode ser interessante em países que não contam com as hidroelétricas para fazerem o papel de baterias naturais, mas não tanto no Brasil.

D - Opções de carbono energético sem emissões e o futuro do Pré Sal

O Brasil pode ter siderúrgicas e termoelétricas “zero carbono”, e posicionar o Pré Sal como um fornecedor mundial de petróleo de qualidade nos próximos 25 anos. As duas trilhas “zero carbono” exigem algum investimento em aprimoramento tecnológico, mas trazem vantagens competitivas importantes em mercados internacionais em que venha a haver a precificação do carbono.

Pode-se gerar energia elétrica perto dos poços de petróleo e gás offshore, injetando os gases de exaustão das termoelétricas oceânicas nos próprios poços e trazendo a eletricidade para terra. Essa injeção permite a captura e sequestro do CO₂ (CCS) emitido pela geração elétrica, aumentando a pressão nesses poços e sua produção de petróleo, especialmente no caso de campos com maior teor de CO₂ associado ao gás e petróleo. O salto tecnológico que a produção eólica offshore já está produzindo deve beneficiar a geração térmica offshore, reduzindo custos e trazendo soluções para a viabilidade de equipamentos no fundo do mar. Com isso, a eletricidade pode ser trazida por cabos até a costa, competindo com a de fontes renováveis. Alternativamente, esse gás natural pode se destinado à exportação após ser liquefeito ou convertido em H₂_v, com a “reforma” do CH₄ feita offshore e o CO₂ resultante sendo sequestrado nos campos. A maior dificuldade da “reforma” offshore está no tamanho das plantas necessárias e sua instalação em plataformas oceânicas. Todas essas opções valem para campos da Amazônia ao Pré-sal e respondem ao problema de aproveitar o gás natural, especialmente aquele associado à produção de petróleo, sem atrasar a produção deste, que é muito mais valiosa que a do gás, e sem precisar investir em gasodutos de escoamento e na separação de CO₂ frequentemente exigida para o transporte nesses dutos. Elas também contornam alguns obstáculos da atual regulação da distribuição de gás natural no país, que é fragmentada a nível estadual. *A definição do marco regulatório para geração e liquefação offshore ajudará a aproveitar o gás natural nos próximos anos, período em que a commodity terá seu preço influenciado pela maior ou menor participação da produção russa nos mercados mundiais de energia.*

O carvão vegetal de florestas plantadas, que já responde por mais de 20% do ferro gusa usado na produção de aço no Brasil, pode se expandir, proporcionando um aço “verde” ou “carbono zero”. As emissões de CO₂ na produção de aço a partir do minério de ferro usando o carvão vegetal na produção do ferro gusa intermediário e fornos elétricos para chegar ao produto final podem ser 80% menores do

que as 2tCO₂ por tonelada de aço obtida com processos convencionais integrados em altos fornos alimentados com coque mineral. Para isso, é indispensável que haja rigoroso controle das emissões do processo de transformação (destilação) da madeira de florestas cultivadas em carvão vegetal, com captura ou queima do metano resultante da pirólise associada, e que a eletricidade usada nos fornos elétricos seja zero carbono. O diferencial de emissões entre o aço verde e o convencional crescerá de importância com a introdução de tarifas de ajuste à pegada de carbono no aço importado pela Europa prevista para antes de 2025. Em mercados em que o CO₂ emitido seja precificado a US\$ 40 por tonelada, deverá haver também suficiente incentivo para financiar a pesquisa voltada à melhoria da produção do carvão vegetal e a enfrentar o principal desafio à expansão desse carvão na grande siderurgia—sua menor resistência física vis-à-vis à do coque, que dificulta seu uso exclusivo nos grandes altos fornos tradicionais. A ampliação do uso do carvão vegetal impulsionaria o cultivo de florestas de eucalipto no norte de Minas e do Rio de Janeiro, e em muitas partes do Espírito Santo, com prováveis efeitos positivos no emprego, estabilidade hídrica e recuperação de florestas nativas nessas regiões em um horizonte relativamente curto. *A coordenação dos setores de cultivo de florestas e siderúrgico, para alinhar a oferta e demanda pelo carvão vegetal e enfrentar os desafios tecnológicos existentes não exigirá gastos fiscais e poderá tornar os produtos da siderurgia e das ligas metálicas brasileiras particularmente competitivos no mercado mundial.*

A eletrificação do transporte e outras atividades no Brasil não significa prejuízo para a produção do Pré-Sal ou outras províncias petrolíferas do país. Não só essa eletrificação será gradual, como o declínio esperado na pesquisa e exploração de novos campos de petróleo ao redor do mundo deverá manter a oferta mundial de petróleo pressionada, mesmo considerando a eventual volta ao mercado das grandes reservas da Venezuela (300 bilhões de barris) e Irã (150 bilhões), que somadas poderiam abastecer o mundo por 20 anos. Nesse quadro, a qualidade do petróleo do Pré-Sal e o seu custo de produção declinante manterão a competitividade do petróleo brasileiro por muitos anos. Como os 40 bilhões de barris do Pré-Sal correspondem a apenas 20 anos de produção ao ritmo projetado de 5 milhões de barris por dia, a eventual queda do consumo interno abre oportunidades vantajosas para a exportação do produto. A expansão do etanol em veículos híbridos e a eletrificação dos caminhões também pode se dar em ritmo compatível com a amortização e vida útil das atuais refinarias brasileiras, com redução gradual também das significativas importações de derivados de petróleo verificadas em anos recentes.

III – SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA – O BRASIL TRAZENDO RESPOSTAS JÁ

Soluções baseadas na natureza são particularmente importantes porque a maioria das nossas emissões vêm do desmatamento de da pecuária. O desmatamento e as queimadas que frequentemente o acompanham correspondem a metade das emissões brasileiras, e a pecuária a um quarto delas, em um mundo que irá penalizar a emissão de GEE. O sucesso desse enfrentamento dependerá de vontade política e de se encontrarem novos caminhos de crescimento econômico para a Amazônia, onde está a maior parte de nossas florestas e 25 milhões de pessoas com uma renda média menor que a média nacional. A recuperação da mata atlântica, apesar de envolver áreas bem menores do que a da floresta amazônica, também poderá trazer grandes benefícios ao país, devido a sua proximidade daquela mata dos principais centros urbanos no litoral do país, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul. Os benefícios obtidos por soluções baseadas na natureza podem ter escala mundial (trilhões de toneladas de CO₂) e podem ser a base para o desenvolvimento acelerado de um mercado global de compensações de emissões de

carbono, enquanto a demanda por energia nos principais países continuar gerando emissões de GEE e as tecnologias de captura e sequestro de carbono permanecerem em sua infância. Com as florestas, o Brasil tem como dar uma solução rápida a um problema global que ainda não tem solução definida com as tecnologias atuais ou projetadas. Essa é, portanto, uma janela de oportunidade imediata para o Brasil produzir um bem com demanda internacional crescente nos próximos 20 anos e proteger um patrimônio insubstituível, criando novas oportunidades econômicas para a população amazônica.

O principal desafio para a implementação de soluções baseadas na natureza é a adequada identificação e precificação dessas soluções. Os mercados de carbono, voluntários e regulados, no Brasil ou no resto do mundo permitem valorizar as emissões evitadas ou o carbono capturado e “sequestrado”, que deixa a atmosfera para se incorporar nas árvores, no solo, ou mesmo no subsolo, aí geralmente com o auxílio de processos industriais. O desenvolvimento desses mercados exige a medição precisa da adicionalidade, permanência e integridade do carbono evitado ou sequestrado com soluções baseadas na natureza. *A definição e adoção em âmbito internacional de metodologias para essa medição que reflitam a realidade brasileira têm que se tornar uma prioridade nacional, alavancando os múltiplos recursos científicos, técnicos e comerciais que o país já dispõe, para garantir a aceitação de nossos créditos de carbono mundialmente e, assim, financiar soluções aqui.*

Os três principais eixos de soluções baseadas na natureza são (i) o combate ao desmatamento e regeneração de áreas abandonadas, a (ii) expansão da integração da lavoura, pecuária e florestas (ILPF), e a (iii) redução das emissões entéricas dos bovinos por arroba de carne processada. Análogo a esses eixos e incluído em outros componentes da estratégia de desenvolvimento a partir da agenda climática esboçada aqui está o desenvolvimento das florestas cultivadas para fins industriais, que em geral se fazem acompanhadas de vastas áreas com vegetação nativa. Junto com a madeira advinda da ILPF elas têm papel importante na economia circular brasileira e na produção de energia de biomassa e do aço verde. Essas e outras manifestações da bioeconomia, que englobam ainda a produção de biocombustíveis e a substituição de plásticos e outros derivados de petróleo por sucedâneos de origem vegetal, vêm se mostrando competitivas quando apoiadas por investimentos em pesquisa científica e tecnologia

A – Fim do Desmatamento

O fim do desmatamento e a recuperação de terras desmatadas e degradadas farão o país mais resiliente às mudanças climáticas mundiais e promoverão a agricultura nacional. Essas ações protegerão nossa agricultura e parque hidroelétrico, entre outros patrimônios do país, inclusive o da biodiversidade. O combate ao desmatamento, o qual já atingiu 20% da Amazônia Legal, exige o emprego dos instrumentos de estado para garantir o cumprimento da lei e o fim das invasões de terras públicas. O uso desses instrumentos evitará a exploração predatória da madeira nativa e a pecuária de baixa produtividade em terras irregulares, e favorecerá o manejo e recuperação florestal e a agropecuária sustentável com recuperação das pastagens degradadas e sua integração à lavoura. Assim se estimulará a expansão da agricultura brasileira sem a necessidade de derrubada da mata e com benefícios para o produtor rural.

A digitalização da informação pode ajudar no combate ao desmatamento e contribuir para a regeneração natural ou assistida da floresta, com grande potencial de renda. Imagens de satélites cada vez mais detalhadas permitem autoridades e sociedade acompanhar e se antecipar ao desmatamento, enquanto várias técnicas têm facilitado o rastreamento do gado na Amazônia para garantir que a carne não provenha de áreas desmatadas, exigência ainda com pouco eco no mercado nacional, mas que vai se tornando indispensável para a carne exportada para vários países. A digitalização também começa a

ajudar a acelerar e dar segurança aos processos de regularização fundiária, permitindo melhor análise e integração dos registros dos cartórios da região, dos cadastros dos órgãos fundiários e fazendários estaduais e federais e do próprio Cadastro Ambiental Rural auto declaratório criado na esteira do Código Florestal de 2012. A consolidação da informação fundiária, junto com maior clareza no ordenamento territorial é fundamental para aumentar a segurança jurídica e o investimento na região. Esse ordenamento deve caminhar para a destinação de todas as terras públicas com vegetação nativa ou secundária avançada para fins de conservação por pelo menos 50 anos, protegendo o que é o alvo preferencial de invasões e desmatamento. Uma parte expressiva das terras da Amazônia apresentam indícios de mata secundária, cuja permanência merece ser apoiada pois essa mata tem o potencial de sequestrar anualmente 5-10tCO₂ por hectare, que eventualmente poderão gerar US\$50-150/ano em créditos de carbono. A inserção de milhões de hectares em regeneração natural ou assistida em mercados internacionais de carbono dependerá da solução de muitos dos atuais problemas fundiários, com reconhecimento dos direitos e regularização das terras de assentados, quilombolas e outros pequenos produtores, e cuidado em relação a grandes áreas desmatadas em terras públicas, independente de pretensões de posse mansa. *É urgente a redução do custo da regularização fundiária respondendo a um ordenamento territorial consensual focado na conservação da floresta. Práticas onerosas como as que atualmente envolvem a demarcação física dos limites das propriedades precisam ser alteradas e o uso de imagens de satélites e outras informações advindas do confronto de mapas e cadastros digitais ser estimulado, com a verificação da efetiva ocupação histórica da terra e direitos dos pequenos produtores e populações tradicionais. Esses passos são indispensáveis para acelerar uma regularização fundiária transparente e equitativa na Amazônia que abra as portas de um mercado internacional de carbono íntegro e justo, e estimule a regeneração da floresta com efetivo sequestro de carbono nos próximos 15-35 anos.*

B – Agricultura de Baixo Carbono e a Nova Pecuária

A produção agropecuária brasileira pode se reposicionar com a extensão do programa ABC para 2022-30, se os instrumentos financeiros necessários para tanto forem desenvolvidos e implementados, acelerando a passagem para uma economia ELZ. O programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) trouxe resultados importantes em 2010-20, inclusive uma notável expansão da ILPF, com a conversão de pastos degradados em áreas de produção de grão e engorda do gado em rotação sazonal da terra, frequentemente associada à plantação de árvores para exploração da madeira ou criação de sombra no pasto. A ABC ainda enfrenta problemas de financiamento, inclusive por falta de conhecimento e incentivos para as instituições de crédito mais próximas da agricultura, notadamente as públicas. Mas tem havido progresso e em 2022 o governo anunciou o programa ABC+ com metas ambiciosas para 70 milhões de hectares e a expectativa de cortar as emissões do setor nos próximos 8 anos em 1 trilhão de toneladas de carbono (1GtCO₂), montante equivalente a 2 anos de emissões da pecuária atualmente.

O manejo das pastagens e a suplementação da alimentação do gado podem reduzir em muito a pegada de carbono da carne. A redução da idade de abate do gado de corte para 2-3 anos, e das emissões diárias por cabeça, mediante a melhora da digestibilidade dos alimentos oferecidos ao gado, podem cortar o CO₂ por quilo de carne vendida em 50%. As possibilidades de ganho de produtividade são reais, dado que o rebanho brasileiro excede 220 milhões de cabeças e a produção de carne foi de 10 milhões de toneladas em 2021, enquanto nos EUA essa produção atingiu 13 milhões de toneladas, para um rebanho de apenas 93 milhões de cabeças. Essas mudanças podem ser lucrativas e ainda permitem absorver mais carbono no solo e liberar áreas para a regeneração da floresta, com potencial para créditos de carbono. No

conjunto, pode haver 200-300MtCO₂ emitidas a menos por ano com redução das emissões do gado e maior captura de carbono em árvores e no solo, boa parte da qual poderá vir a ser monetizada, se adequadamente medida e caracterizada. *A intensificação da pecuária e o desenvolvimento da ILPF devem-se dar com o apoio ao pequeno produtor, permitindo sua fixação na terra e evitando sua migração para áreas na fronteira do desmatamento. O crédito e outras políticas públicas voltadas a esses grupos têm que ser parte integral da estratégia ABC+ e de sequestro de carbono no campo.*

C – Desafios do Desenvolvimento da Amazônia

Um novo modelo de desenvolvimento da Amazônia focado na sustentabilidade é possível e financiável, ainda que não isento de desafios. A agenda climática brasileira e mundial tem que incluir o crescimento sustentável da economia da Amazônia, reconhecendo os desafios das distâncias e do clima da região. As oportunidades são muitas, na bioeconomia, mineração e cidades. As promessas da bioeconomia requerem ambição, estudos cuidadosos e esforço para se realizarem e irem além das excelentes iniciativas que vêm vicejando. A produção em grande escala de produtos naturais da região exigirá cuidados para não criar problemas colaterais (e.g., desmatamento de várzeas por culturas nativas intensificadas ou poluição com dejetos de peixes) e o desenvolvimento de mercados no Brasil e no exterior, além de tratamento tributário que evite a exportação do processamento dos produtos nativos. O sucesso da produção de biocombustíveis a partir do dendê e outras formas de aproveitamento agrícola das regiões antropizadas de longa data, como a Amazônia Oriental, requer um ordenamento territorial atento às questões socioambientais, adequada comunicação com mercados internacionais para reconhecimento de sua sustentabilidade e rápida evolução da regularização fundiária. A mineração, cujo potencial econômico cresceu com as demandas da transição energética, precisa deixar a escala “artesanal” que muitas vezes se traduz em danos à natureza e às populações locais, passando a ser sujeita a rastreamento completo e salvaguardas socioambientais rigorosas. Para tanto, a expansão da pesquisa mineral de natureza pública deve se intensificar para identificar novos potenciais e expandir a concessão concorrencial e transparente de novas lavras fora de áreas protegidas. O Consórcio de Governadores, por seu lado tem dado destaque à infraestrutura, especialmente de comunicação (e.g., internet), para aumentar a produtividade da população ribeirinha e das principais cidades. Muitas dessas cidades dependem de recursos de fora da região, inclusive Manaus, onde o regime da Zona Franca merece atualização, com melhor entendimento do uso dos excedentes de exploração decorrentes dos benefícios fiscais de que as empresas ali implantadas gozam, e possível fortalecimento da sua governança. As transferências de renda para a região, tanto para os governos com base na repartição dos impostos federais, quanto para as pessoas com base nas transferências sociais são significativas e de grande importância para a Região, que não dispõe de boa base tributária, até pelo não pagamento de impostos indiretos pelas atividades voltadas à exportação e pela modéstia da arrecadação dos royalties sobre seus recursos naturais. É provável que a preservação da floresta amazônica e a promoção do bem-estar e oportunidades de trabalho da população local continuem a exigir transferências de renda de outras regiões do Brasil e potencialmente advindas do exterior, e.g., a partir de mercados internacionais de crédito de carbono. *Assim, é importante aferir o uso eficiente e equitativo de transferências de renda e benefícios fiscais para a região, avaliando o papel desses mecanismos, e de eventual receita de créditos de carbono em uma estratégia de preservação da floresta com combate à pobreza e desigualdade de renda na região. Também é crucial intensificar a pesquisa mineral por agentes públicos para facilitar a exploração ordenada e sustentada dos recursos minerais de forma concorrencial, eficiente e alinhada aos interesses nacionais e direitos das populações locais, assim*

como avançar com uma regularização fundiária transparente e equitativa para permitir o desenvolvimento de atividades de maior valor adicionado e menor custo ambiental na região, notadamente aquelas associadas à bioeconomia.

IV - ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DE UMA ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular abrange vários setores e é eficaz para a redução das emissões de CO₂. Ela envolve a gestão de resíduos do saneamento, de derivados do petróleo, e de inúmeras outras atividades humanas e econômicas. Uma visão circular permite aumentar a permanência do sequestro de CO₂ obtido nas florestas cultivadas e redução do uso de plásticos, esta, com reflexos na capacidade de absorção de CO₂ pelo mar que pode estar sendo ameaçada pela presença dos resíduos desses produtos. A economia circular depende muito do comportamento das famílias, desde a disposição de separar o lixo doméstico por tipo de produto para baixar o custo e aumentar o impacto da reciclagem, até a gradual eletrificação da cocção. Mas, seu desenvolvimento não prescinde de políticas públicas para coordenar o comportamento de empresas e famílias, em muitos casos com diretrizes e metas.

A emissão de mais de 50MtCO₂eq de metano a partir de aterros sanitários pode ser evitada em grande parte com maior reciclagem do lixo doméstico e captura e aproveitamento do biogás produzido por esses aterros. A simples queima do biogás para produção de energia reduz drasticamente as emissões de GEE, além de representar um fluxo financeiro para os gestores de resíduos. A captura do biogás emitido pelo lodo nas plantas de tratamento de esgoto também pode ser lucrativa e favorável ao clima, reduzindo o custo da eletricidade demandada pelas empresas de saneamento. Em ambos os casos, a precificação do carbono poderá proporcionar sinais de preços favoráveis ao investimento na captura e venda do biogás, uma atividade que vem crescendo e se beneficiará do maior envolvimento do setor privado na esteira de possíveis alterações da Lei nº 12.305/2010 que estabelece a política nacional de resíduos sólidos, incluindo os PL nº 1893/21 sobre logística reversa e nº 4980/20 sobre a incineração do lixo, e de aprimoramentos do marco regulatório para a operação de serviços de coleta e tratamento de resíduos sólidos pelo setor privado. *A atualização dos marcos regulatórios relevantes e de mercados de carbono que precifiquem as emissões evitadas será essencial para acelerar a captura e aproveitamento do biogás originário do tratamento de resíduos domésticos ou de atividades como a produção de cana de açúcar.*

A madeira pode ter novo papel na economia com a expansão do plantio comercial de árvores em larga escala, permitindo estender o sequestro de carbono. Florestas cultivadas podem complementar a regeneração natural como poderosa ferramenta para sequestrar carbono nos próximos 30 anos, se acompanhadas de novas demandas pelos produtos da madeira. Uma floresta de eucaliptos resulta anualmente em até 40m³ de madeira por hectare, o que implica em 600Mm³ de madeira ao ano se forem criados novos 15Mha dessas florestas, inclusive em forma de ILPF. Uma parte do carbono sequestrado nas árvores será liberado com a conversão da madeira em carvão vegetal e uso na siderurgia, ou outras formas de combustão para geração de energia (e.g., briquetes a partir do cavaco com inúmeras aplicações industriais). Outra parte estará incorporada na celulose exportada, que soma 15-20Mt por ano, e no papel consumido no país (10Mt/ano), do qual metade vem da reciclagem. Haverá ainda uma grande expansão de oferta de madeira para construção, móveis, etc., que serão usos indispensáveis para viabilizar o sequestro duradouro do carbono das florestas de eucalipto colhido 10-15 anos após seu plantio. Além do uso na estrutura e acabamento de prédios, há espaço para a madeira na indústria química, com a crescente demanda de sucedâneos dos derivados de petróleo em mercados desenvolvidos e o provável

aumento do custo desses derivados com a gradual redução da produção internacional da commodity. A nanocelulose é o ponto de partida para a produção de fios têxteis, embalagens para líquidos e gases, e mesmo telas de telefones celulares, enquanto a parte mais dura da madeira—a lignina—encontra aplicações cada vez mais amplas em resinas, peças moldadas com propriedades “termoplásticas” e na composição de fibras de carbono para fuselagem de avião e outras estruturas onde peso é essencial, assim como tintas e fibras para concreto reforçado que permitem reduzir o consumo de cimento. Casa-se assim a extensão do sequestro de carbono nas árvores com a geração de tecnologia e emprego em atividades de alto valor agregado. Esse aumento na demanda de produtos de madeira não é antagônico ao crescimento da reciclagem dos resíduos da construção civil, e deverá ser reforçado pela exportação da madeira brasileira, com o reconhecimento de que ela é muito mais sustentável do que aquela extraída de velhas florestas ou resultante de lentos reflorestamentos na Rússia e outras regiões setentrionais. *Normas técnicas para a construção civil de qualidade em madeira, a atualização da Lei nº 714/2017 sobre resíduos da construção civil e das resoluções do CONAMA pertinentes, e o estímulo à pesquisa de sucedâneos aos plásticos serão importantes para aumentar a permanência e lucratividade do sequestro de carbono obtido por florestas cultivadas e outras fontes de biomassa. Esforços para a abertura dos mercados internacionais para a madeira cultivada brasileira também contarão para viabilizar a expansão das florestas cultivadas e das áreas de preservação associadas.*

V - ATUAÇÃO DO SETOR FINANCEIRO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O setor financeiro é essencial para canalizar recursos para a transição energética e chegarmos a uma economia ELZ. As demandas de investimento para essa transformação não são extravagantes, mas exigirão compromisso de investidores e instituições financeiras, além de contínuo aprimoramento da regulamentação do setor. A crescente exigência da análise dos riscos ambientais e climáticos pelas instituições financeiras reguladas pelo Banco Central do Brasil (BCB), na forma das várias normas editadas pelo regulador nos dois últimos anos depois de ampla consulta pública, já vem dando proeminência à avaliação pelos bancos de suas exposições aos riscos ESG e notadamente climáticos. Essa avaliação requer o levantamento das exposições das empresas que tomam recursos dos bancos, criando incentivos para o enfrentamento dos riscos e questões climáticas em toda a economia. Na medida em que carteiras de crédito com maiores riscos ambientais/climáticos forem associadas a maiores exigências de capital regulatório, haverá reflexos no preço desse crédito, estimulando a mitigação e gestão das emissões associadas aos processos produtivos e de consumo, inclusive na agropecuária.

O crescente interesse do investidor brasileiro por produtos ESG que respondam ao desafio da mudança climática também exigirá o aprimoramento da regulação dos mercados de capital. O BCB tem avançado na produção de uma “taxonomia”, isto é uma classificação dos produtos financeiros e atividades econômicas segundo as suas pegadas de carbono ou impacto nas outras dimensões ESG. Essa taxonomia irá ajudar gestores de ativos, por vezes com o auxílio da autorregulação, a oferecerem produtos ESG bem calibrados e com segurança de integridade. Há uma grande agenda para a CVM nos mercados de capital, delineada pela associação internacional de reguladores financeiros IOSCO e apenas tangenciada pela recente proposta de atualização da Resolução CVM nº 480 para ampliar a divulgação de exposições das empresas a fatores ESG. Em paralelo, o setor privado e ONGs terão o desafio de criar índices para investimentos passivos ESG/climáticos, para além da taxonomia proposta pelo regulador, assim como desenvolver a proteção (hedge) contra esses riscos, o que deverá levar à sua precificação, afetando o valor

das empresas e o seu custo do crédito. *A continuação da agenda de sustentabilidade do BCB e uma sinalização clara e abrangente da CVM com um calendário firme, mas não extremamente oneroso para a incorporação das recomendações da Comissão Bloomberg e outras iniciativas visando a divulgação e gestão da exposição das empresas listadas a riscos climáticos serão positivas para o fortalecimento do sistema financeiro nacional e o valor das empresas brasileiras, notadamente as listadas em bolsa, assim como para o comércio exterior do país.*

A Taxonomia das atividades sustentáveis estimulará a emissão de debentures verdes ou associadas a objetivos sustentáveis, ajudando a baixar o custo do investimento no Brasil. A classificação da pegada de carbono proporcionada por uma taxonomia de produtos e atividades facilitará a uniformização do entendimento dos riscos e, assim, a precificação dos ativos. Um ambiente informacionalmente saudável estimulará a emissão de instrumentos de crédito verde e indexados à valores de sustentabilidade, em paralelo a um mercado de créditos de carbono, tornando o investimento na transição energética e na mitigação das emissões pelo aumento da eficiência energética mais atraente. Ele também trará maior reconhecimento da qualidade dos créditos de carbono lastreados na preservação e ampliação das florestas brasileiras e nas boas práticas da agropecuária de baixo carbono. O surgimento de fundos verdes já reflete uma demanda de investidores domésticos e internacionais por atividades que reduzam emissões, inclusive no campo, e possam se beneficiar da venda de crédito de carbono, tendência que deve se acelerar com apoio em metodologias cada vez mais precisas de medição do carbono e em novos processos produtivos e soluções propostas por *startups*. A repercussão dessas ações nas exportações brasileiras pode ser significativa, especialmente diante do anúncio de que alguns países passarão a tributar suas importações em função da quantidade de carbono nos produtos comercializados.

Há amplo capital privado voltado para a promoção da sustentabilidade, que pode ser reforçado por ações dos bancos públicos. O setor financeiro privado continuará a aprimorar suas ferramentas de análise de risco econômico e climático e a trabalhar apoiar as empresas no seu alinhamento climático. Há crescente interesse em, por exemplo, melhor integrar cadeias de pequenos produtores a ações de diminuição da pegada de carbono da agricultura brasileira, inclusive na fase de criação na pecuária, dissociando-a da percepção dela contribuir para o desmatamento. O papel dos bancos públicos, inclusive os de capital misto, também será importante. *Em paralelo à participação dos mercados de capital, o apoio ao financiamento do programa ABC+ por parte dos bancos públicos e a atuação do BNDES para proporcionar garantias a investimentos em melhoras de pastagens e outras atividades que exigem um prazo de amortização de alguns anos são muito relevantes e passíveis de expansão no curto prazo sem risco excessivo para o setor público ou necessidade de grandes subsídios.*

A precificação do carbono pode facilitar o financiamento de estratégias empresariais de mitigação de emissões. Inúmeras empresas que investiram em eficiência energética ou optaram pela biomassa ganharam com a menor volatilidade de custos trazida pela redução à exposição a combustíveis fósseis. A digitalização e inovações nas estruturas de produção voltadas a ELZ são tipicamente lucrativas. De modo mais geral, inúmeros estudos do antigo Ministério da Indústria Comércio e Tecnologia demonstram que a modernização do parque industrial com técnicas que abatem as emissões tende a resultar em processos mais eficientes e lucrativos, ainda que por vezes faltem estímulos para disparar essas mudanças. A implantação de limites máximos de emissão e de um mercado de carbono regulado em paralelo à eventual pressão dos consumidores pode prover esses estímulos, cuja persistência facilitará o apoio do setor financeiro no financiamento dos investimentos necessários. *A implantação de um mercado regulado de carbono com limites de emissões ambiciosos irá proporcionar os sinais para as grandes empresas*

acelerarem a transição energética e incentivos para os mercados de capital apoiarem esse investimento sem a necessidade de grandes subsídios.

As startups visando soluções tecnológicas que reduzem o desperdício e a pegada de carbono das empresas na cidade e no campo tem aumentado de número e encontrado apoio entre investidores. As mudanças do tecido empresarial no Brasil e no mundo tem levado ao surgimento de pequenas empresas que visam promover soluções tecnológicas ou criativas para problemas específicos, e essas *startups* muitas vezes apresentam em pouco tempo resultados tecnológicos e financeiros expressivos. O ecossistema das *startups* brasileiras é cada vez mais amplo e competente, contribuindo para responder os inúmeros desafios das empresas comprometidas com a transição energética e a economia de baixo carbono, a começar pela agricultura, inclusive com auxílio da tecnologia de blockchain. Esse sucesso tem se traduzido em rodadas de financiamento em que as instituições financeiras têm estado muito presentes e que reflete novas oportunidades para o aproveitamento do talento e preparo das novas gerações brasileiras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O desafio climático que irá transformar as economias ao redor do mundo nos próximos 10-15 anos pode criar um importante ciclo de crescimento para o Brasil. Sobressaltos como a aparente disparada na demanda por bens e energia na esteira da Covid, ou a guerra no Leste Europeu, sugerindo a dificuldade de o mundo reduzir sua dependência em combustíveis fósseis, exigirão disciplina para os governos não perderem de vista os riscos climáticos, que continuam cada vez mais reais e presentes. Ao mesmo tempo, esses episódios sublinham a importância de o Brasil aproveitar suas vantagens em energia e nas soluções baseadas na natureza para reduzir as emissões de GEE por unidade do PIB e sequestrar carbono em grande escala enquanto as florestas são as alternativas economicamente mais viáveis para esse fim.

A transição energética já cria muitos empregos no Brasil e uma economia ELZ pode criar outros milhões, inclusive na indústria. De 2011 a 2019 foram investidos quase R\$ 70 bilhões na geração eólica, os quais, alavancaram direta e indiretamente mais de R\$ 250 bilhões, gerando quase 500 mil empregos por ano em média e R\$ 50 bilhões em salários, além de terem garantido quase 20% da eletricidade consumida no Brasil nos meses mais secos de 2021. A energia solar gerou mais de 300 mil empregos em 2022, quando foram investidos R\$ 50 bilhões em antecipação ao fim de certos benefícios do setor, resultando na instalação de perto de 12 GW—em anos recentes o número de empregos diretos no setor tem sido na faixa de 120-150 mil, muitos na instalação de painéis em casas. A produção do etanol envolve mais de 100 mil pessoas, além de ocupar perto de 300 mil pessoas na produção de cana e meio milhão de frentistas, além de outros empregados na rede de distribuição de combustíveis, que se fortalecerá com uma eletrificação ordenada da frota de veículos rodoviários leves. A vitalidade do setor das florestas cultivadas, por seu lado se reflete em outro meio milhão de pessoas empregada e impacta quase 3 milhões de postos de trabalho quando se aplicam ao setor os multiplicadores de emprego estimados pelo BNDES. Apesar da agricultura parecer empregar cada vez menos gente, a agricultura de baixo carbono cria novas demandas de trabalho na preparação do solo e nos inúmeros aspectos da agricultura de precisão, inclusive aqueles atendidos pelas *startups* ao redor do país. A soluções baseadas na natureza e a bioeconomia vão criar novas oportunidades de trabalho para populações de menor renda, com a expansão de produtos como a mandioca e o cacau na Amazônia. Além disso, se a eletricidade limpa e barata trazida pela transição energética for aliada a uma reforma da tributação indireta que equilibre a incidência desses tributos na

indústria de transformação, ela pode dar um impulso ao setor industrial e às suas exportações agora que considerações de resiliência e segurança jurídica tem estimulado a diversificação e encurtamento das cadeias de suprimento globais. Os ganhos a serem capturados com essa transição também estimulam o financiamento da pesquisa em novas áreas como a “reforma” do metano, a diminuição da fragilidade do carvão vegetal e novos usos de derivados vegetais e da madeira pela indústria química.

Dadas as possibilidades de emprego, renda e lucro abertas pelos caminhos que poderão levar o Brasil a uma economia ELZ, vale a pena haver um planejamento de alto nível para o país balizar essa trajetória.

A multidisciplinariedade da transição para a economia ELZ é ilustrada pela eletrificação do transporte e a contribuição potencial dos carros híbridos a etano, que envolvem questões de coordenação das montadoras e dos setores elétrico e sucroalcooleiro, além do planejamento da infraestrutura viária e pesquisa para eventual adoção de células de combustível. Ela também se dá com o carvão vegetal e a siderurgia, onde oferta e demanda requerem investimento de longo prazo, atenção ao impacto ambiental e econômico da expansão das florestas comerciais nos biomas envolvidos e nas populações vizinhas. Ou ainda com iniciativas para tornar a construção civil mais sustentável, diminuindo o desperdício de madeira e encontrando novos usos para ela. E mesmo no caso de créditos de carbono ou expansão da mandioca e seu processamento na Amazônia para suplementar a renda de assentados. Essa coordenação não é sinônimo do governo se substituir ao setor privado ou expandir subsídios em grande escala, mas sim de trazer transparência e diversidade de vozes às escolhas tecnológicas e políticas e dar segurança aos investidores, sem criar barreiras à competição. A criação do Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima e Crescimento Verde nas vésperas da COP 26, substituindo instâncias existentes desde 1999, talvez seja um passo para aprimorar a institucionalidade do tratamento desses temas. Muito trabalho de qualidade já foi feito no antigo MDIC, inclusive com relação à eficiência energética e outras formas de abater as emissões de GEE, e a contribuição de *startups* voltadas a soluções na área climática já é significativa em setores que vão de, entre muitos outros, silvicultura, pecuária, energia e transporte, assim como a gestão de alimentos perecíveis. A implantação dos contornos de um mercado de carbono também vai nessa direção e tem envolvido extensa interlocução de grupos interessados com o Congresso Nacional e mais recentemente com o Executivo, em paralelo ao crescente envolvimento de governos subnacionais nas alternativas de soluções baseadas na natureza. *Conselhos interministeriais e grupos técnicos, assim como os órgãos de pesquisa do governo, inclusive o IPEA, e fóruns inclusivos com populações afetadas poderão ajudar o governo a desenhar junto com o Congresso políticas setoriais e transversais, inclusive um mercado de carbono, que facilitem a alocação do capital em setores ELZ com crescimento sustentado, expansão do trabalho e proteção a direitos das populações afetadas.*

Incorporar uma estratégia de desenvolvimento baseada na agenda climática é do interesse de quem vier a governar em 2023 porque irá facilitar a retomada do crescimento e baixar o custo de capital no país. Após o choque da Covid e com a guerra na Europa, a atração de capital e as decisões de investimento vão precisar que o governo sinalize prioridades da política econômica que sejam compatíveis com os anúncios de muitos países desenvolvidos e que alavanquem as vantagens do Brasil. Integrar as diferentes dimensões da corrida para uma economia ELZ, suas conexões intersetoriais, espaço para crescimento de *startups* e potencial de promoção social, dará credibilidade a essa sinalização, aumentando a ambição das expectativas e consistência das escolhas setoriais. Há muita pesquisa e análise boa feita na última década, e a mobilização do setor privado a favor da sustentabilidade deu um salto grande nos últimos dois anos, indicando a disposição do empresariado, empreendedores e agentes financeiros de avançarem nessa

direção. A possibilidade de criar bons negócios com maior produtividade e equidade, e mais verde para o país é uma oportunidade que tem que ser abraçada já.

PRINCIPAIS RECOMENDAÇÕES

- **ADOÇÃO DE UM PLANO ABRANGENTE PARA LEVAR O BRASIL A UMA ECONOMIA COM EMISSÕES LÍQUIDAS ZERO DE CARBONO (ELZ) ANTES DE 2050**, alavancando as vantagens comparativas do país na geração renovável e nas soluções baseadas na natureza, com a integração da lavoura pecuária e florestas, promovendo o fim do desmatamento e a regeneração das florestas derrubadas, com reconhecimento internacional da integridade e adicionalidade dessas ações.
 - CRIAÇÃO DE INSTÂNCIAS DE COORDENAÇÃO FEDERAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA POLÍTICA INCLUSIVA EM DIREÇÃO À ECONOMIA ELZ, fortalecendo e ajustando o recém-criado Conselho Interministerial sobre a Mudança do Clima e Crescimento Verde, E DE MECANISMOS DE COORDENAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE GOVERNO E CONSULTA COM A SOCIEDADE para informar as principais escolhas de políticas nos diversos setores.
 - Elevação dos temas da Amazônia aos fóruns globais e sua integração à economia do futuro.
 - Apoio à ciência e desenvolvimento tecnológico alinhados ao enfrentamento da mudança do clima.
- **CRIAÇÃO DE UM AMBIENTE PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM MERCADO NÃO REGULADO DE CRÉDITOS DE CARBONO E UM MERCADO REGULADO DE CARBONO** PARA O SETOR INDUSTRIAL COM ATÉ 20% DE COMPENSAÇÃO BASEADA EM CRÉDITOS DE CARBONO ASSOCIADOS A SOLUÇÕES COM BASE NA NATUREZA, especialmente o sequestro de CO₂ em árvores e pela integração da lavoura, pecuária e floresta.
 - Apoio a instituições de pesquisa e tecnologia em coordenação com o governo (e.g., Embrapa) para o desenvolvimento de metodologias com reconhecimento internacional para cálculo de créditos de carbono na agricultura e pecuária, assim como no desmatamento evitado em áreas públicas e privadas.
 - Diálogo internacional e cooperação para reconhecimento da integridade e adicionalidade do carbono evitado e sequestrado no Brasil.
 - Acelerar a integração e digitalização de cadastros (SICAR do Sfb, SIGEF e SNCR do Inkra, CAFIR da Receita, etc.) e registros de imóveis com vistas a aumentar a oferta de áreas com situação fundiária regularizada, dentro de um ordenamento territorial que fortaleça a preservação da floresta, a transparência, segurança jurídica e equidade—atributos essenciais para a comercialização exitosa de créditos de carbonos em mercados voluntários ou regulados internacionais.
 - Aprovar lei com uma Autoridade Competente que articule o mercado regulado de carbono
- **ATUALIZAÇÃO DA REGULAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO** COM REAVALIAÇÃO DA GARANTIA FÍSICA DAS HIDROELÉTRICAS HISTÓRICAS E VALORIZAÇÃO DO PAPEL DAS HIDROELÉTRICAS COMO BATERIA DE UM SISTEMA COM CRESCENTE PARTICIPAÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS.
 - Ajustes dos leilões de energia para valorização da complementariedade de fontes não fósseis e outros atributos da geração elétrica
 - Integração da expansão da transmissão para garantir flexibilidade à expansão da geração renovável e compensação à distribuição pelas ligações efetuadas
 - Avaliação das implicações da produção de H₂ verde para a exportação com regulação do acesso à produção eólica offshore e das áreas de melhor radiação solar no país
- **DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA A ELETRIFICAÇÃO DO TRANSPORTE**
 - PROGRAMA DE ELETRIFICAÇÃO DOS ÔNIBUS URBANOS PARA OS PRÓXIMOS 5 ANOS
 - INTEGRAÇÃO DO MOTOR ETANOL À TRACÇÃO ELÉTRICA DE VEÍCULOS LEVES ATRAVÉS DO ESTÍMULO AOS VEÍCULOS HÍBRIDOS “EM SÉRIE” COM ALTA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (e.g., 15-18km/litro de etanol na cidade) – a preferência pela venda veículos a etanol no Brasil não conflita com transformar o país em base de exportação de veículos híbridos em série movidos por gasolina e depende da governança do setor de etanol e estocagem suficiente para garantir o abastecimento da frota nacional com absoluta segurança.

- AVALIAÇÃO DE OPÇÕES PARA INTEGRAR A RECARGA ELÉTRICA DINÂMICA DOS CAMINHÕES NAS PRINCIPAIS ESTRADAS DO PAÍS, em parceria com os operadores de rodovias já concessionadas e que vierem a sê-lo.
- **AVALIAÇÃO DA ECONOMICIDADE DAS FLORESTAS CULTIVADAS** PARA AMPLIAR O USO DE CARVÃO VEGETAL EM COMBINAÇÃO COM FORNOS ELÉTRICOS NA SIDERURGIA ATÉ QUE NOVAS TÉCNICAS (E.G., H2_v) SE TORNEM ECONÔMICAS. ESTIMULAR MAIOR E MELHOR APROVEITAMENTO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL E COMO SUCEDÂNEO AO PLÁSTICO E OUTROS MATERIAIS.
 - Alinhar riscos dos produtores e consumidores de madeira e estimular a madeira como parte de uma economia circular, reduzindo emissões nos processos produtivos e estendendo o período de sequestro de carbono na madeira vindas de florestas cultivadas no papel e em outros produtos.
- **LANÇAMENTO DE UM NOVO MARCO DO TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS** PARA ATRAIR O CAPITAL PRIVADO PARA MELHORA DAS CONDIÇÕES DE VIDA DAS CIDADES E REDUZIR A EXPRESSIVAS EMISSÕES DO SETOR (mais de 10% dos GEE excluindo os relativos à pecuária e mudança do uso da terra estão ligadas a resíduos sólidos e líquidos) – estimular a economia circular e fortalecer as agências federais cujas responsabilidades foram aumentadas com o marco de saneamento aprovado em 2021.
- **IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA ABC+** COM AMPLIAÇÃO DO CRÉDITO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE GARANTIAS PARA EMPRÉSTIMOS DE MÉDIO PRAZO PELO SETOR BANCÁRIO E MERCADOS DE CAPITAL, visando o atendimento de 70 milhões de hectares com pastagens recuperadas e outros investimentos e ações para diminuir emissões e aumentar a captura de CO2 no solo e arranjos florestais.
 - Fortalecimento do ordenamento territorial, com destinação das florestas públicas da Amazônia para a conservação, evitando-se a destruição de um patrimônio insubstituível e reduzindo a vulnerabilidade da agricultura brasileira à restrições da demanda internacional e à mudança climática.
 - Apoio ao desenvolvimento de tecnologias de medição de carbono orgânico no solo, biodiversidade nas áreas cultivadas e seu entorno, e uso sustentável e econômico dos resíduos da produção.
 - Desenvolvimento de políticas, inclusive fundiárias, que permitam assentados e pequenos produtores usarem créditos de carbono e outros pagamentos de serviços ambientais para aumentarem sua produtividade e renda, especialmente na Amazônia
 - Estímulo à indicação da pegada de carbono, uso de recursos naturais e outros fatores com impacto ambiental, inclusive risco de desmatamento, nos produtos de consumo e suas embalagens.
- EXPLORAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA, considerando culturas associadas à floresta, a mineração fora de áreas protegidas e com salvaguardas socioambientais robustas, a governança da Zona Franca, e melhoria da infraestrutura de comunicação, entre outras.
- **DESENVOLVIMENTO DA TAXONOMIA DOS INSTRUMENTOS FINANCEIROS E ATIVIDADES VERDES**, E REGRAS DE PUBLICIDADE DA EXPOSIÇÃO AMBIENTAL E CLIMÁTICA NAS DEMONSTRAÇÕES SOCIETÁRIAS, DE ACORDO COM REGULÇÃO EXPEDIDA PELO BCB, CVM, COREMEC, E AUTOREGULAÇÃO DOS DIVERSOS SEGMENTOS DO SETOR, PROMOVENDO NOVOS PRODUTOS FINANCEIROS.
 - Publicidade das políticas das instituições financeiras para gestão dos riscos climáticos e ESG de modo geral.
 - Desenvolvimento de índices e derivativos financeiros que capturem os riscos de sustentabilidade e exposição a mudanças climáticas.
 - Expansão da oferta de produtos financeiros ESG e inclusão do tema nos programas de educação financeira.