105 anos
1916 • 2021

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Biomas e Agro

Sinergia para uma bioeconomia pujante e sustentável

FEVEREIRO
2022

Academia Brasileira de Ciências

Fundada em 3 de maio de 1916, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) completou, em 2021, 105 anos. Foi criada por um grupo de pesquisadores da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, com o objetivo de reconhecer o mérito científico de grandes pesquisadores brasileiros e contribuir para a promoção do desenvolvimento da ciência e da educação.

A ABC entende que a capacidade que os países têm de produzir conhecimento e aplicá-lo em desenvolvimento socioeconômico separa as nações pobres das desenvolvidas. Nesses 105 anos, a ABC consagrou-se como defensora da ciência, da educação e da inovação como eixos estruturantes para o desenvolvimento do Brasil. A Academia considera que a ciência e a comunidade científica devem ser um elo de aproximação tanto entre os povos do mundo quanto entre as regiões do nosso país, que devem ter capacidade e competência suficiente em CT&I para promover, com autonomia, seu desenvolvimento social e econômico.

A ABC contribui com o estudo de temas de primeira importância para a sociedade e a proposição de políticas públicas com forte embasamento científico, principalmente nas áreas de educação, saúde, meio ambiente e novas tecnologias. É nesse sentido que trabalhamos e dedicamos todo o nosso empenho há mais de um século.

Luiz Davidovich
Presidente da Academia Brasileira de Ciências

Presidente
Luiz Davidovich

Vice-Presidente
Helena Bonciani Nader

Vice-Presidentes Regionais
Adalberto Luis Val - *Norte*
Jailson Bittencourt de Andrade - *NE & ES*
Mauro Martins Teixeira - *MG & CO*
Lucia Mendonça Previato - *RJ*
Glaucius Oliva - *SP*
João Batista Calixto - *Sul*

Diretores
Elibio Leopoldo Rech Filho
Francisco Rafael Martins Laurindo
Marcia Cristina Bernardes Barbosa
Ruben George Oliven
Virgilio Augusto Fernandes Almeida

Grupo Núcleo
Jailson Bittencourt de Andrade (coord.)
Helena Bonciani Nader
Adalberto Luis Val
Ado Jório de Vasconcelos
Alvaro Toubes Prata
Ruben George Oliven
Wanderley de Souza
Oswaldo Alves (in memoriam)

Grupo de Redação
Adalberto Fazzio
Adalberto Luis Val
Ado Jório de Vasconcelos
Alicia Juliana Kowaltowski
Alvaro Toubes Prata
Antonio Gomes de Souza Filho
Edson Watanabe
Elibio Leopoldo Rech Filho
Elisa Maria da Conceição Pereira Reis
Gianna Sagazzio
Glaucius Oliva
Helena Bonciani Nader
Jailson Bittencourt de Andrade
Manoel Barral Netto
Marcelo Torres Bozza
Marcia Cristina Bernardes Barbosa
Mariangela Hungria
Nadya Araujo Guimarães
Oswaldo Luiz Alves (in memoriam)
Paulo Arruda
Roberto Kant de Lima
Ruben George Oliven
Wanderley de Souza

Líderes temáticos
Adalberto Luis Val (coord.)
Elibio Leopoldo Rech Filho
Mariangela Hungria
Paulo Arruda

Introdução

Um dos maiores patrimônios do Brasil é, sem dúvidas, a diversidade biológica — e o agronegócio é o setor de maior crescimento no país. No entanto, essas duas riquezas não são aproveitadas em seus potenciais: usamos muito pouco do patrimônio da biodiversidade para o agronegócio, perdendo oportunidades de alavancar uma bioeconomia sem precedentes. Além disso, temos colocado boa parte da rica biodiversidade de todos os nossos biomas em risco ao longo das últimas décadas.

Como veremos a seguir, a ciência brasileira tem um vasto conjunto de informações sobre os diferentes biomas brasileiros. Trata-se de um conhecimento fundamental para a produção agrícola diversificada, e que pode impactar positivamente a balança comercial e melhorar a qualidade nutricional e socioeconômica da população. Essa trajetória, no entanto, impõe desafios: novas tecnologias precisam ser concebidas, validadas e implementadas para criar e fortalecer uma economia baseada em produtos da biodiversidade brasileira.

A agricultura é um ecossistema complexo, com engrenagens que exigem sincronicidade para a produção sustentável de longo prazo e a mitigação de vulnerabilidades (como as preocupantes mudanças climáticas). Nesse contexto, a redução da diversidade não apenas limita a descoberta de bioativos valiosos, mas afeta os sistemas produtivos. Um exemplo é a flagrante diminuição da variedade de polinizadores.

Em um território amplo como o Brasil, é preciso considerar as características regionais. Cada bioma brasileiro é rico em uma biodiversidade específica. Essa riqueza determina vocações agropecuárias locais: cada ecossistema é mais favorável ao desenvolvimento de diferentes espécies de plantas e animais. A palavra de ordem é “sinergismo” — a melhor saída rumo à produção sustentável.

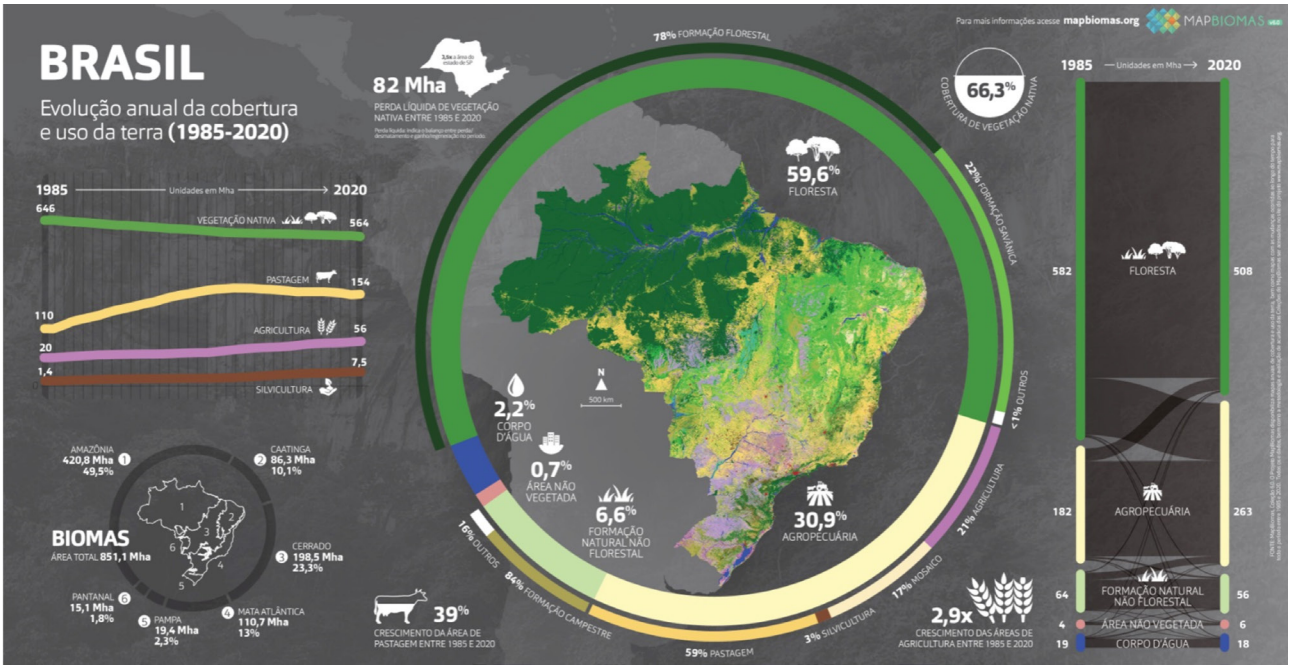
É fato que o Brasil gerou muitas tecnologias, mas é necessário inovar e avançar em várias frentes. Oportunidades não faltam. Há espaço para evoluir na produção nacional de fertilizantes, na agropecuária de baixo carbono, na conservação das águas, na produção de organismos aquáticos como peixes e algas. Ações como financiamentos e formação de recursos humanos serão essenciais para superar desafios e impulsionar a conservação e a exploração sustentável dos biomas nacionais. Com uma economia baseada na biodiversidade e no agronegócio, o Brasil pode viver uma década de ouro.

Neste documento, a **Academia Brasileira de Ciências** seleciona uma dúzia de ações — entre dezenas de possibilidades — para pronta aplicação. São iniciativas que podem converter o Brasil em potência agrobiodiversa.

1. Os biomas abrigam conhecimentos vitais para a sustentabilidade do agronegócio

O território brasileiro é composto por sete biomas: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa, Pantanal e bioma marinho. Juntas, essas áreas detêm de 15 a 20% da biodiversidade mundial. A porção conservada desses biomas é o último reduto para a sustentabilidade da vida no planeta — por isso, sua exploração deve considerar a preservação e a redução do impacto causado pela atividade humana.

A inovação na agropecuária exige um mergulho nos detalhes da biodiversidade. Isso inclui desvendar e utilizar de forma racional e preditiva as redes bioquímicas e moleculares codificadas nos genomas de plantas, animais e comunidades microbianas que habitam as espécies. Falamos, aqui, das ciências "ômicas" (genômica, transcriptômica e metabolômica). Produtos gerados por essas áreas do conhecimento têm avançado fortemente nos últimos anos, e já começam a entrar no mercado global. Ao revelar mecanismos de interação entre os seres vivos nos diversos biomas, abrem-se caminhos para desenvolver bioprodutos e tecnologias. Assim, é possível, por exemplo, incrementar a tolerância das plantas a estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (tolerância à seca ou ao alagamento, sobrevivência em solos pobres em nutrientes), dando mais sustentabilidade às produções.



Detalhar as interações entre os seres vivos também possibilita identificar a vocação de cada bioma e as estratégias que devem ser adotadas para maximizar a produção agropecuária — o que é fundamental para o agronegócio. Inúmeros produtos derivados dos biomas brasileiros já são utilizados na agricultura, ou estão em fase adiantada de desenvolvimento. Destaques são os inoculantes e biodefensivos, bioinsumos utilizados para substituir, respectivamente, fertilizantes químicos e agrotóxicos.

Frente a todas essas perspectivas, a exploração biológica dos nossos biomas ainda é ínfima. Existem diversas possibilidades de investimento para que os biomas brasileiros sejam fonte de bioeconomia baseada em biodiversidade e exploração agropecuária sustentável. Grandes oportunidades podem surgir com o apoio a projetos temáticos multidisciplinares que tenham foco na criação de volumosos bancos de dados sobre os biomas brasileiros. Com mais informações disponíveis, a comunidade científica pode colaborar em parcerias público-privadas, incluindo *startups*, para o desenvolvimento de ativos oriundos dos biomas brasileiros.

1
2
3
4
5
6
7
1. Bioma Amazônico
2. Bioma Caatinga
3. Bioma Cerrado
4. Bioma Mata Atlântica
5. Bioma Pantanal
6. Bioma Pampa
7. Sistema Costeiro

2. Os solos brasileiros abrigam grandes riquezas e dão suporte à produção agropecuária

“Em se plantando tudo dá”, diz o ditado que exalta a qualidade da terra brasileira. Ao longo de sua história, o Brasil aprendeu a lidar com as principais limitações dos seus solos, tornando possível uma diversidade de cultivos em cada canto do país — incluindo locais onde, há um século, seria inimaginável obter produções rentáveis.

Ainda assim, estima-se que apenas 7% dos solos brasileiros são conhecidos em detalhes suficientes para que seu uso seja sustentável. A economia também é beneficiada por esse conhecimento: os retornos gerados pelo levantamento desses solos podem chegar a 180 vezes o valor aplicado. De forma geral, no entanto, o fraco investimento nessa área tem resultado em perdas econômicas e ambientais.

O país ocupa a triste liderança mundial em perda de solos e de insumos pelo processo de erosão hídrica. Se nada for feito, o prejuízo pode chegar a US$ 17 bilhões ao ano em todo território nacional. Nesse sentido, a ciência pode trazer boas soluções. Considerando as propriedades abióticas do solo, estudos são capazes de intensificar a prospecção de minérios, impactando o setor mineral e industrial, incluindo a hidrometalurgia, fertilizantes e metais raros.

Na infraestrutura, a falta de informações detalhadas sobre os solos também tem um custo: afeta o planejamento estratégico da defesa das fronteiras terrestres e onera obras de transporte e telecomunicações, entre outros fatores. Para além disso, no entanto, o solo guarda uma riqueza viva e ainda desconhecida. Ele abriga macro e microrganismos associados à ciclagem de nutrientes, à supressão de pragas e doenças, à promoção do crescimento das plantas e à biorremediação. Entre os metabólitos desses organismos estão moléculas com grande potencial para a bioeconomia, como antibióticos, proteases, amilases, lipases, celulases. São recursos que devem ser bioprospectados o quanto antes: a ocupação humana afeta rápida e profundamente as comunidades bióticas do solo, colocando bioativos valiosos em risco de extinção antes mesmo de serem conhecidos.

Deste modo, é necessário investir em geotecnologias, mapeamento digital de solos, inteligência artificial, sensoriamento remoto, pesquisas sobre a matéria orgânica do solo, sobre a dinâmica dos fluxos de nutrientes, metais de transição e princípios ativos de defensivos agrícolas no solo e nas águas. Mapear o microbioma do solo também é essencial: o conhecimento sobre as comunidades microbianas presentes em cada tipo de solo pode facilitar, por exemplo, a disponibilização de nutrientes ou impulsionar mecanismos de proteção de plantas contra pragas e doenças.

3. A agropecuária sustentável é uma vocação brasileira

Em pouco mais de 40 anos, o Brasil passou de importador de alimentos para um dos principais exportadores, sendo um líder em agricultura tropical na produção de grãos, carnes, açúcar, frutas e produtos florestais.

Economicamente relevante, a área com lavouras ocupa apenas 7,5% do território nacional, terra suficiente para alimentar 800 milhões de pessoas globalmente. As taxas de expansão do agronegócio

estimadas para a década de 2020 chegam a valores como 27% na produção de grãos. Essa ampliação vem ocorrendo com grau crescente de sustentabilidade, o que se deve à pesquisa científica, às ações de transferência de tecnologia e ao empenho dos agricultores.

O Brasil tem um bom histórico recente em tecnologias de produção sustentável. Exemplo são o sistema de plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta e a utilização de inoculantes microbianos para reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados. Essas tecnologias permitem maior produção por área em várias culturas e na pecuária — dessa forma, evitam o desmatamento e diminuem a perda de solos e o assoreamento de rios e reservatórios de água.

Contudo, grandes desafios permanecem. Um deles é a recuperação de pastagens degradadas, que ocupam mais do que o dobro das áreas com lavouras e onde o gado, com alimentação de má qualidade, emite grandes quantidades de metano.

Para que o Brasil prossiga com a trajetória crescente de sucesso e se torne o celeiro mundial de produção ambientalmente sustentável, é necessário estabelecer linhas de investimento que trarão retorno econômico, conservação ambiental e inclusão social, como a agricultura 5.0. Outras áreas de grande importância são a nanotecnologia e engenharia genética aplicáveis a toda a cadeia produtiva (dos insumos agropecuários ao produto oferecido ao consumidor), os novos manejos de culturas e tecnologias que permitam o aumento na eficiência de uso da água e insumos agropecuários, as tecnologias para a recuperação de pastagens degradadas, o melhoramento animal para qualidade da carne, o atendimento aos diversos nichos de consumo e as novas tecnologias de mitigação na emissão de gases de efeito estufa na agropecuária.

Nesse contexto, é fundamental fazer o levantamento e a integração de dados de cada bioma brasileiro. A disponibilidade dessas informações permite a condução de pesquisas locais focadas em potencialidades regionais, aumentando a competitividade da agropecuária e gerando retorno social e sustentabilidade.

4. Tão importante quanto produzir é a redução das perdas pós-colheita

O Brasil é protagonista na produção de alimentos — e, infelizmente, também se destaca quando o assunto é desperdício. As perdas têm grande impacto na economia, afetando a oferta de produtos para o mercado interno e de exportação e, consequentemente, os preços dos alimentos.

Vivemos um paradoxo: a quantidade de alimentos que jogamos fora é maior do que aquela que levamos à mesa. Segundo a Embrapa, o consumo anual de vegetais no Brasil é de cerca de 35 kg por habitante. No mesmo período, as perdas chegam a 37 kg por habitante. O desperdício alto resulta, principalmente, dos gargalos pós-colheita: incluem a colheita propriamente dita, a armazenagem, o transporte, o transbordo e a manutenção da qualidade até o importador ou o consumidor final. Note-se que metade das perdas ocorrem durante o manuseio e transporte dos alimentos; outros 10,5%, nas centrais de abastecimento. São dois pontos que demandam atenção.

A redução do desperdício pode favorecer um mercado consumidor mais ativo, trazendo aporte de divisas ao país e redução de custos. Nesse contexto, é importante ter foco em ações multidisciplinares. O aprimoramento dos equipamentos e tecnologias de colheita adequadas para cada cultura e bioma seria um bom início. Recursos devem ser alocados para implantar infraestrutura adequada ao período pós-colheita, otimizando, por exemplo, o transporte dos alimentos. A ciência pode contribuir, ainda, com pesquisas para reduzir perdas por pragas e doenças na etapa de armazenamento, garantindo produção e qualidade dos vegetais.

5. O potencial das frutas brasileiras: produtos in natura com mais valor agregado

Há décadas se comenta a importância da incorporação de tecnologia e serviços (e, portanto, valor) aos produtos da agricultura brasileira — particularmente àqueles destinados à exportação. Não faltam exemplos de produtos *in natura* exportados pelo Brasil que ganham mercado mundial. Por vezes, esses produtos retornam ao país após receberem aportes tecnológicos no exterior.

O exemplo típico é a cápsula de café, mas também é possível citar algodão, couro tradicional, couro de peixe e frutas oriundas da imensa biodiversidade de nossos biomas. O Brasil possui uma grande variedade de frutas nativas como açaí, umbu, goiaba, pera do cerrado e mapati, entre muitas outras. O país também é destaque na produção de frutas exóticas mais conhecidas e apreciadas, caso do abacaxi, mamão, manga, abacate, coco, banana, figo, maracujá e caqui — sem contar as opções mais comuns e com alta demanda global (maçã, pera, uva, pêssego, melão e frutas cítricas).

A produção de frutas mostra como diferenças regionais podem ser diminuídas, gerando mais igualdade social. Os campos de melão no Nordeste, por exemplo, fornecem 90% da produção nacional. O Sudeste, com frutas nativas como cambuci e uvaia e, o Nordeste, com cereja, goiaba, cajá e coco, aumentaram significativamente a produtividade nos últimos 15 anos, resultando em empregos e renda e transformando o agronegócio. Cada aumento de 10% na produção de frutas reflete em 12% a mais de empregos.

Apesar da importância da produção e consumo *in natura*, é urgente mudar o perfil de exportação: levando em conta que o processamento de alimentos agrega valor, o envio de produtos acabados é mais vantajoso para o país. A experiência brasileira com o suco de laranja é prova disso: o Brasil é o maior produtor mundial da bebida, gerando cerca de 1,2 milhão de toneladas, das quais 75% são exportadas. A ciência e a tecnologia nacionais carregam conhecimentos e experiências para expandir esse modelo de negócio para outras frutas e alimentos. Além disso, a exportação de frutas *in natura* pode ganhar valor por meio de iniciativas como a Produção Integrada de Frutas (PIF), com selo que garante a rastreabilidade do processo produtivo, gerando transparência para os parceiros comerciais.

6. Responsabilidade e inovação para o enfrentamento das mudanças climáticas

A forte aceleração das mudanças climáticas nas últimas décadas resultam da ação antrópica. Esse processo teve início com a Revolução Industrial na segunda metade do século 18. A conscientização dos impactos ambientais vem gerando debates e compromissos governamentais para mitigar a emissão de gases do efeito estufa. O incremento de 1,5°C na temperatura da Terra pode não parecer muito, mas basta lembrar que um indivíduo com 37°C ainda é considerado saudável, enquanto outro com 38,5°C está doente.

As culturas, é claro, também sentem os impactos. Cultivos relevantes como milho, soja e trigo têm apresentado significativas reduções de produtividade no mundo todo. Altas nos preços dos alimentos — e o consequente aumento da inflação — têm sido associadas a eventos climáticos extremos, como secas, furacões e enchentes. Países com menor renda *per capita*, onde as populações gastam a maior parte de sua renda com alimentos, sentirão mais fortemente esses impactos, principalmente por conta da redução do poder de compra.

Em um cenário como este, é evidente a urgência de desenvolver e aplicar soluções. Ações paliativas de adaptação na agricultura já vêm ocorrendo, como mudanças nos calendários agrícolas e adoção de variedades por parte dos produtores. Contudo, soluções robustas só virão por meio de inovações.

O Brasil já mostrou sua vocação para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover o sequestro de carbono na agricultura. Hoje, somos reconhecidos pela liderança mundial em práticas agrícolas relacionadas à agricultura de baixo carbono. Exemplos são o sistema de plantio direto, a substituição de fertilizantes químicos por processos microbiológicos, as florestas plantadas e, mais recentemente, os sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas que começam a despontar. Programas como o ABC (agricultura de baixo carbono) e, agora, o ABC+, consolidam os compromissos governamentais com essas atividades.

No entanto, é necessário ir muito além e materializar ações prioritárias que deverão ser adotadas na próxima década para reverter esse quadro crítico. Torna-se fundamental identificar e mapear a sensibilidade e o grau no qual cada bioma e cultura responderá às mudanças climáticas. O novo cenário de produção agrícola será definido por pesquisas científicas que possibilitem a adaptação das espécies e a resiliência dos sistemas produtivos nos biomas. É preciso, ainda, inovar nas abordagens para gestão de resíduos, água e energia nas cadeias de abastecimento alimentar e na restauração de áreas de produção, áreas úmidas e florestas degradadas.

O compromisso com ações de mitigação e a pesquisa para estabelecer uma agricultura adaptada às novas condições climáticas trarão resultados a médio e longo prazo. Somos responsáveis pela qualidade do ambiente que iremos deixar para as gerações futuras.

7. O Brasil pode passar de importador a detentor de tecnologias de produção de insumos agropecuários

Historicamente, a produção de insumos para a agropecuária no Brasil tem sido muito inferior às necessidades. Isso ameaça a liderança brasileira no agronegócio e a soberania nacional. No caso dos fertilizantes, o país importa, em média, 84% dos três principais nutrientes que utiliza (nitrogênio, fósforo e potássio), sem os quais a agricultura comercial é inviável.

Outra limitação do setor é a maior vulnerabilidade a patógenos com a intensificação da agricultura. Na última década, a demanda por agrotóxicos aumentou 16%: a maioria com moléculas patenteadas por multinacionais, gerando custos elevados ao país e impactos ao meio ambiente, à biodiversidade e à saúde humana.

Esse cenário de dependência externa ficou ainda mais evidente em 2021, com a redução da oferta de fertilizantes e agrotóxicos importados, criando o temor de paralisação do setor agropecuário brasileiro.

Por um lado, a dependência de insumos externos reduz a competitividade do setor agropecuário. Por outro, o risco de desabastecimento e a dolarização dos insumos representam uma oportunidade para o desenvolvimento nacional. Nesse contexto, abre-se espaço para pesquisas que incluam a prospecção e utilização de minerais locais, o desenvolvimento de novos processos de síntese e extração de nutrientes e de novas moléculas químicas eficazes contra pragas, doenças e ervas daninhas.

É evidente, no entanto, que a maior vocação do país está no desenvolvimento de bioinsumos para atender às demandas de nutrientes e de controle biológico — uma forma de agregar valor ao produto nacional por meio da produção sustentável. Globalmente, a taxa de crescimento do mercado de agroquímicos (incluindo fertilizantes e agrotóxicos) é estimada em 3,4% no período de 2020-2025, enquanto o crescimento do mercado de bioinsumos tem expectativa próxima a 15%.

Detentor de um quinto da biodiversidade global, o Brasil pode liderar o mercado de bioinsumos. O caminho para a liderança não é livre de desafios: há carência de pesquisas sobre o aproveitamento sustentável dessa imensa biodiversidade, resultando em perdas de oportunidades socioeconômicas e ambientais. Para ganhar autonomia e liderança na produção de insumos agropecuários, linhas prioritárias de investimento poderão, em tempo relativamente curto, mudar o cenário atual.

No campo dos fertilizantes químicos, é necessário investir na prospecção de processos de síntese e extração de nutrientes a partir de minerais nacionais e desenvolver formulações com maior eficiência de uso pelas plantas. Em relação à biodiversidade, a bioprospecção de organismos e moléculas capazes de substituir, parcial ou totalmente, fertilizantes químicos e agrotóxicos e de agentes biológicos de controle de doenças apresenta grande potencial no país. Também é relevante a criação de um observatório nacional virtual para monitoramento de pragas e doenças: assim, é possível antecipar a entrada e a disseminação de patógenos e fomentar pesquisas necessárias para a redução de impactos sanitários na agropecuária.

8. Melhoria da produção no mar brasileiro e em águas interiores

Os corpos de águas interiores e o mar territorial brasileiros têm qualidades excepcionais. As características desses ambientes são singulares e especiais — e suportam uma variedade biológica sem paralelos. No entanto, o aproveitamento dessas características (clima, extensão e diversidade) para a produção ainda é parco, principalmente no que se refere ao uso de tecnologias avançadas.

Nesse setor, a ciência avança a passos largos e incorpora informações de diferentes áreas do saber, desde os conhecimentos tradicionais até a ciência de última geração. As fazendas integradas no mar garantem produção de larga escala, mas carecem de avanços tecnológicos voltados para a conservação ambiental, principalmente por serem sistemas abertos, suscetíveis a distúrbios. Dessa forma, tecnologias agroecológicas voltadas para o mar e adequadas a mares tropicais e à vasta costa brasileira são necessárias. A ciência e a tecnologia brasileiras têm recursos humanos capacitados para isso, necessitando apenas de financiamento adequado.

Nossa experiência científica e tecnológica indica que a melhor abordagem é a criação de projetos multidisciplinares envolvendo a Oceanografia, as Engenharias, a Tecnologia de Alimentos e a Zootecnia — áreas do conhecimento que conferem robustez aos processos produtivos de fazendas marinhas. Há necessidade de pesquisas na seleção de espécies marinhas para criação, no melhoramento genético, na fisiologia e sanidade, na produção de ração e no desenvolvimento de equipamentos e gaiolas. São investimentos que devem trazer grande retorno econômico.

Também há desafios nos processos produtivos em águas interiores, particularmente na Amazônia. O canal principal desta bacia hidrográfica é o rio Amazonas: da nascente à foz, um caminho de 6992 km, ele despeja no Atlântico cerca de 20% de toda a água doce que ingressa nos mares do mundo. Nessas águas vivem cerca de três mil espécies de peixes, além de diversos outros organismos com potencial

econômico, quer seja para a segurança alimentar mundial, quer seja para produzir metabólitos de importância farmacológica ou produtos para incorporação em manufaturados, como o couro do peixe ou o curauá (bioativo potencial para fabricação de caixas de água).

A ciência já tem informações sobre a biologia de peixes de grande importância comercial (como o tambaqui, o pirarucu e o matrinchã) — conhecimento que permite suas produções em sistemas variados de cultivo e que poderiam ganhar mercado internacional. O grande desafio, agora, é estruturar cadeias de valor. Para outros organismos que podem adquirir importância econômica, o suporte a ações de pesquisa vai permitir o conhecimento da fisiologia, bioquímica, processamento e conservação de produtos. Outro imenso mercado mundial ainda pouco explorado no país é o dos peixes ornamentais.

O Brasil precisa estar à frente do seu tempo e ocupar uma posição de destaque no mercado mundial de exploração de todo o seu potencial hídrico, em uma abordagem multidisciplinar, indo desde a coleta de informações até a colocação de espécies de peixes brasileiros no mercado mundial.

9. Sinergia entre biomas e agronegócio para o enfrentamento das mudanças climáticas

As mudanças climáticas ameaçam a produção mundial de alimentos e bioenergia: a ciência prevê impactos severos, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Nesse contexto, o melhoramento genético de plantas é essencial para o desenvolvimento de culturas agrícolas mais resilientes. Com o apoio da biotecnologia, essa área tem avançado de forma perceptível nas últimas décadas, notadamente em decorrência da evolução das ciências "ômicas". Graças a essas ciências, a compreensão das respostas moleculares a estresses abióticos em espécies nativas e seus microbiomas pode ser utilizada para torná-las mais resistentes a variações ambientais.

Hoje, o domínio da produção comercial de sementes biotecnológicas concentra-se cada vez mais nas mãos das gigantes da biotecnologia agrícola, que atualmente controlam 80% da produção de sementes em escala global. Entretanto, com a criação de tecnologias para edição genômica, há um crescente consenso de que a produção de sementes deve ser reorganizada. Com isso, abrem-se grandes oportunidades para países como o Brasil, cuja comunidade científica na área de ciências agrárias tem demonstrado excelente capacidade para responder, de forma efetiva, aos desafios da agricultura em tempos de mudanças climáticas.

A vulnerabilidade de culturas agrícolas a eventos extremos, como ondas de calor, secas, precipitações e inundações, se tornará cada vez mais crítica. Assim, é necessário acelerar o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes aos estresses impostos pelas mudanças climáticas. Para isso, é fundamental associar a genética moderna à adoção de práticas agrícolas mais eficientes, que garantam o crescimento sustentável da produção de alimentos e bioenergia nas próximas décadas.

Uma estratégia definida pela maturidade científica e tecnológica do Brasil é a busca, em espécies selvagens relacionadas ou não às culturas agrícolas, de genótipos mais resilientes para enfrentar os desafios das mudanças climáticas. Tais genótipos podem ser utilizados como parentais para cruzamentos ou edições gênicas. Espécies tolerantes à dessecação e já identificadas pela pesquisa brasileira em campos rupestres suportam perdas de até 95% do seu conteúdo relativo de água — e, após a reidratação, são capazes de retomar o crescimento rapidamente.

Além disso, essas espécies abrigam, em suas raízes, caules e folhas, comunidades microbianas: compõem o que chamamos de microbioma das plantas. Essas comunidades cumprem papel vital na plasticidade fenotípica das plantas por participarem do desenvolvimento vegetal, na aquisição de nutrientes, e pela tolerância a estresses bióticos e abióticos. O aporte de recursos para estudos que façam o mapeamento da composição, abundância e diversidade dessas comunidades microbianas associadas aos biomas brasileiros oferece uma oportunidade única para se entender os mecanismos ainda desconhecidos da interação microrganismos-planta. Esse conhecimento deve representar a estratégia do futuro para aumentar a produtividade e a sustentabilidade agrícolas.

Grandes áreas naturais intactas em colinas remotas, montanhas, savanas e oceanos, sustentando biodiversidade, e bens e serviços ecossistêmicos que se conectam por grandes distâncias. Combinação de proteção e outras medidas efetivas de conservação, regidas por povos indígenas, comunidades, setor privado e/ou governo, conforme o caso.

Mosaico variado entre natureza e ocupação humana em espaços compartilhados – na floresta, savana e oceano, e variando desde predominantemente naturais (adjacentes a áreas remotas – laterais e fundo) a ecossistemas predominantemente modificados, povoados e gerenciados (centro e primeiro plano). 20% da área com habitat intacto/nativo.

Biomas antropogênicos fortemente modificados – cidades, terras de agricultura intensiva, costa marinha modificada, infraestrutura energética. Minimiza a pegada global de carbono, garante os bens e serviços ecossistêmicos locais em 5% da área para uma boa qualidade de vida.

Corredores e mosaico de habitats naturais permitem a migração climática:

1. Ecossistemas florestais
2. Ecossistemas de savana
3. Encostas de montanhas
4. Ecossistemas oceânicos

Corredores conectam o mosaico de habitats naturais nos espaços compartilhados com reservatórios de natureza em espaços intactos.

10. Estruturar cadeias de valor a partir da biodiversidade para inclusão social e geração de renda

A variedade de biomas e a biodiversidade presente em cada bioma representam um vasto conjunto de oportunidades para o desenvolvimento sustentável e a inclusão social. É necessário implementar ações para otimizar cadeias de valor. Atualmente, nossas cadeias são frágeis, mas com excelente potencial para expansão em um futuro breve. Destacam-se aquelas que envolvem peixes, frutos, sementes, óleos e cogumelos.

Em vários desses casos, a cadeia de valor é fragmentada, o que se deve à falta de infraestrutura adequada e de insumos como gelo, ração, embalagens, energia e estruturas para transporte e armazenamento. Pesquisas científicas podem intensificar a produção, gerando inclusão social e poupando a floresta primária. É uma forma de integrar bioeconomia, biodiversidade e conservação ambiental.

O Brasil também pode se beneficiar de seus produtos in natura. Há um vasto conjunto de biomoléculas escondidas na floresta e nos organismos que nela vivem. Exemplo são as chamadas Pancs (plantas alimentícias não convencionais), a bergenina (substância presente no uxi-amarelo — *Endopleura uchi*) e os subprodutos de cadeias mais bem estruturadas, como a pele de peixes e as cascas de frutas.

A pesquisa brasileira está capacitada para enfrentar os desafios da área. Com aporte financeiro, laboratórios já existentes poderão desenvolver tecnologias para o aproveitamento dos subprodutos, agregando mais valor e retorno econômico a agricultores. Ainda mais relevante é o vasto e ainda largamente desconhecido potencial da biodiversidade de nossos biomas. Certamente, essas áreas abrigam bioativos relevantes para a agricultura, a indústria e a saúde.

11. A importância da educação para a conservação ambiental e para o agronegócio

A natureza, de maneira geral, e os biomas, em particular, representam enormes laboratórios onde a biologia, a química, a física e outras disciplinas são praticadas de infinitas formas. Os biomas abrigam centenas de milhares ou mesmo milhões de espécies de plantas e animais e incontáveis microrganismos. Todos — plantas, animais e microrganismos — convivem em perfeito equilíbrio, lapidado ao longo de milhões de anos de evolução e continuamente se adaptam a mudanças ambientais.

Contudo, o ambiente tem sido continuamente impactado por ações humanas. O grande desafio está em alterar o rumo crescente em direção à deterioração ambiental para o da conservação e uso racional dos recursos dos biomas, almejando a sustentabilidade agrícola.

Existem muitas rotas para a sustentabilidade. Políticas públicas, desenvolvimento de modelos agrícolas voltados à preservação e adoção de bases científicas para a utilização dos recursos dos biomas são bons caminhos.

Tão importante quanto as pesquisas científicas e, também, um modelo educacional com foco no conhecimento dos biomas e suas riquezas — especialmente para estudantes dos níveis fundamental e médio. Esta tarefa requer investimentos com retorno a longo prazo. Felizmente, contamos com modelos já elaborados e validados de financiamentos envolvendo pesquisas em conjunto com ações na educação para uma exploração sustentável da biodiversidade.

12. Modernização da extensão agropecuária rumo à agricultura do futuro

A extensão rural foi introduzida no Brasil pela família americana Rockfeller, em 1948, a partir de Minas Gerais. Poucos anos depois, em 1955, a prática chegou ao Rio Grande do Sul e, na década de 1960, foi ampliada para outros estados. A extensão se desenvolveu como instituição ligada ao setor público para apoiar comunidades rurais e adquiriu protagonismo crescente até a década de 1990, quando a empresa de extensão rural Embrater foi extinta, pondo fim à coordenação nacional do sistema.

Desde então, as organizações de extensão rural perderam importância até a criação, em 2001, do Ministério do Desenvolvimento Agrário. Nesse momento, passa a haver uma majoração temporária dos investimentos públicos no setor, que chegaram à ordem de bilhões de reais, mas voltaram a decair, nos dias atuais, a patamares inferiores a milhões de reais — refletindo uma notória dificuldade geral nos investimentos públicos e o desmantelamento das atividades em praticamente todos os estados.

Em função de sua capilaridade, além da assistência a agricultores, a extensão rural pode contribuir sobremaneira para levantamentos locais (edáficos, climáticos, socioeconômicos e tecnológicos), com acompanhamentos das mais diferentes realidades e suas transformações. Isso poderia ser feito a partir de integração com a pesquisa pública, com as administrações locais, com boas cooperativas e bons consultores liberais.

Além disso, há enorme potencial de modernização do sistema em termos de monitoramento, avaliação e digitalização do atendimento. São áreas fundamentais para a agricultura do futuro e que resultam em inclusão social e grande retorno econômico ao setor agropecuário — mas que demandam apoio para avançar.

Referências imagéticas

- **Página 4:** “Brazil: Land Use and Land Cover Annual Evolution (1985-2020).” MapBiomas, Collection 6.0. https://mapbiomas.org/

- **Página 5:** Geologic Map of South America from 1950 with 3D terrain effect. Fonte: Internet. Autoria desconhecida.

- **Página 12:** Pörtner, H.O., Scholes, R.J., Agard, J., Archer, E., Arneth, A., Bai, X., Barnes, D., Burrows, M., Chan, L., Cheung, W.L., Diamond, S., Donatti, C., Duarte, C., Eisenhauer, N., Foden, W., Gasalla, M. A., Handa, C., Hickler, T., Hoegh-Guldberg, O., Ichii, K., Jacob, U., Insarov, G., Kiessling, W., Leadley, P., Leemans, R., Levin, L., Lim, M., Maharaj, S., Managi, S., Marquet, P. A., McElwee, P., Midgley, G., Oberdorff, T., Obura, D., Osman, E., Pandit, R., Pascual, U., Pires, A. P. F., Popp, A., Reyes-García, V., Sankaran, M., Settele, J., Shin, Y. J., Sintayehu, D. W., Smith, P., Steiner, N., Strassburg, B., Sukumar, R., Trisos, C., Val, A.L., Wu, J., Aldrian, E., Parmesan, C., Pichs-Madruga, R., Roberts, D.C., Rogers, A.D., Díaz, S., Fischer, M., Hashimoto, S., Lavorel, S., Wu, N., Ngo, H.T. 2021. Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change; IPBES secretariat, Bonn, Germany, DOI:10.5281/zenodo.4659158.”.

Assessoria
Fernando Carlos Azeredo Verissimo

Projeto gráfico e diagramação
Pedro Armando Santoro Dantas

Revisão editorial
Murilo Bomfim

105 anos
1916 • 2021

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS

Rua Anfilófio de Carvalho, nº29 - 3ºandar
Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel.: +55 21 3907 . 8100

abc@abc.org.br | www.abc.org.br

abciencias

academiabrasciencias

#ABCiências | #TodosPelaCiência