
4

AR, ÁGUA E SOLO

ESFORÇOS CONJUNTOS PELA CRIAÇÃO
DE UM PAÍS SUSTENTÁVEL

É tão comum representar o planeta em mapas com fronteiras geográficas bem marcadas que muita gente esquece que, para o mundo natural, essas fronteiras não existem. Se, para as atividades humanas, é muito útil estabelecer limites e dividir territórios, para as demais espécies vivas, e também para a água, para o ar e para o solo, essa divisão é desprovida de sentido – tudo está conectado, e o que acontece em uma região acabará, fatalmente, impactando outras. Além disso, um solo contaminado pode influenciar a qualidade da água, a poluição do ar pode ter impacto sobre o solo, e assim por diante.

Vale lembrar, também, que todos esses elementos têm relação com a qualidade de vida das populações que habitam as diferentes regiões da Terra, seja na cidade ou no campo. A deterioração do solo, da água e do ar tem grande impacto econômico e social, acarretando problemas como aumento dos índices de mortalidade, elevação dos gastos com saúde e até privação de elementos básicos para a vida, como água potável e alimentos de qualidade.

Por isso, para preservar a biosfera, é urgente pensar estratégias coesas com vistas à conservação de seus três compartimentos principais: atmosfera (ar), hidrosfera (água) e litosfera (solo).

A SEMENTE DA EDUCAÇÃO

Em boa medida, as diretrizes para ciência, tecnologia e inovação voltadas para a qualidade integral do ar, da água e do solo dependem de um elemento essencial: educação. É preciso que a sociedade, em todos os níveis, esteja preparada para se apropriar das informações elaboradas pela ciência. Para que isso aconteça, a educação precisa estar fortemente conectada com a cultura e as características ambientais de cada lugar do vasto território brasileiro.

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS),^[1] dos quais oito perpassam essas questões:

- Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
- Acabar com a fome, alcançar segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Assegurar educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- Assegurar disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;
- Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e os seus impactos;
- Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
- Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Espera-se que todos os países que assinaram o documento implantem medidas efetivas para alcançar os 17 ODS até 2030. Para que isso seja possível, foram elaboradas metas concretas que especificam as ações requeridas em relação a cada objetivo.^[2] O Brasil faz parte desse esforço, porém, muitas das ações previstas requerem informações robustas que ainda não estão disponíveis e tampouco podem ser importadas de outros países, dadas as especificidades do ambiente e da cultura de cada nação. Aliás, em um país de dimensões continentais, muitas vezes não é possível nem mesmo extrapolar os dados de uma região para outra – por exemplo, no caso da gestão sustentável da água, as necessidades do Sudeste são muito diferentes daquelas do Norte ou do Nordeste.

Faz-se necessária, portanto, uma pronta e rápida ação dos setores de ciência, tecnologia e inovação, no sentido de produzir informações para viabilizar a consecução das metas e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, levando em consideração as particularidades de cada região do Brasil.

UMA AGENDA PARA O AR

A atmosfera é essencial para todos os seres vivos e um recurso compartilhado por cada habitante do planeta. Apesar disso, o crescimento das atividades industriais e a utilização de combustíveis fósseis no transporte urbano e de mercadorias, juntamente com o desmatamento das florestas, têm contribuído de forma significativa e crescente para a alteração da composição da atmosfera, levando à deterioração da qualidade do ar e, por conseguinte, da água e dos solos.

Essa alteração tem, também, um impacto importante sobre a saúde humana. Em 2013, a Agência Internacional para a Pesquisa sobre Câncer (IARC, na sigla em inglês) da Organização Mundial da Saúde (OMS) concluiu que a poluição do ar é carcinogênica para a espécie humana.^[1] Isso inclui o principal componente da poluição atmosférica, os particulados atmosféricos – mistura complexa de minúsculas partículas de material sólido e gotas de líquido. Algumas partículas, como poeira, sujeira, fuligem ou fumaça, são grandes ou escuras o suficiente para serem vistas a olho nu. Outras são tão pequenas que só podem ser identificadas utilizando-se modernos microscópios.^[3] Além do câncer, a poluição do ar pode ter uma grande variedade de outros efeitos sobre a saúde humana, incluindo doenças cardiorrespiratórias e neurodegenerativas e redução da fertilidade.

Várias áreas urbanas sofrem com níveis de poluentes acima dos recomendados pela OMS e que extrapolam os limites estabelecidos pela legislação brasileira, em especial material particulado fino, carbono negro (*black carbon* - BC), ozônio (O₃) e monóxido de carbono (CO). O setor de transportes é, em geral, responsável pela maior parte das emissões desses poluentes em áreas urbanas, e o desenvolvimento de estratégias embasadas cientificamente para a redução da poluição é essencial para garantir melhorias na saúde da população.

Além da qualidade da vida humana, a poluição do ar também afeta os ecossistemas e contribui para o aumento do efeito estufa. No nível global, o aumento da concentração de gases como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozônio (O₃) e óxido nitroso (N₂O) está alterando o clima do planeta, com aumento da temperatura, mudança no padrão de chuvas e elevação do nível do mar, entre outros efeitos. Várias regiões brasileiras, em especial as áreas costeiras, sofrem esses impactos. Portanto, é fundamental estabelecer um plano para redução de emissões e adaptação às mudanças que já estão ocorrendo.

Em 2016, o Brasil assumiu oficialmente o compromisso^[4] de trabalhar para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE), seguindo a proposta do Acordo de Paris, assinado pelos 195 países que compõem Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês). A ciência é essencial para que esse processo seja conduzido de forma sustentável e eficiente.

Uma iniciativa que merece destaque nesse contexto é o Plano ABC - Agricultura de Baixo Carbono,^[5] elaborado com base em dados científicos e com o objetivo de reduzir a emissão de GEE decorrente das atividades agrícolas e de pecuária no período de 2010 a 2020. As ações por ele propostas possibilitam excelentes resultados na fixação biológica de nitrogênio, no plantio direto, na integração lavoura-pecuária-floresta e na recuperação de pastagens degradadas, entre outros aspectos da atividade agropecuária brasileira.

É fundamental, portanto, que outras iniciativas usem os dados e informações obtidos pela pesquisa científica para traçar políticas públicas eficazes em reduzir a emissão dos GEE. Uma das estratégias prioritárias deve ser a diminuição do desmatamento em todos os biomas brasileiros – a tendência atual, observada, por exemplo, na Amazônia, é de crescimento: se, em 2011/2012, o bioma teve uma taxa anual de desmatamento de 4.571 km², em 2015/2016 ela foi de 7.893 km², o que representa um aumento de 57%.^[6] A mesma tendência é observada no Cerrado.

Propõe-se, assim, a definição de uma agenda para o ar de qualidade, que compreenda o diagnóstico e o monitoramento da qualidade do ar no território brasileiro, mas que vá além das informações básicas e proponha ações para a redução da emissão de poluentes (incluindo, mas não se limitando aos gases de efeito estufa) e até mesmo para a remoção de poluentes da atmosfera. Para que essa agenda seja cumprida, será importante conscientizar e mobilizar toda a cadeia socioeconômica, promovendo as mudanças necessárias de cultura.



1

Criar leis efetivas que regulem a emissão de poluentes, a exemplo da *Clean Air Act* (“Lei do Ar Limpo”, em tradução livre) dos Estados Unidos, mas concebidas de acordo com as características industriais, do transporte e da agricultura brasileiras;

2

Desenvolver tecnologias de última geração para o monitoramento da qualidade do ambiente aéreo (biótico e abiótico), para a identificação das fontes poluidoras, para a redução das emissões em geral e para a remoção de poluentes atmosféricos;

3

Reestruturar o transporte urbano, com maior utilização de veículos elétricos ou híbridos de baixa emissão de poluentes;

4

Investir em transporte público de qualidade;

5

Implementar novas estratégias para a redução do desmatamento em todos os biomas nacionais;

6

Viabilizar o uso intensivo de energias renováveis, como solar e eólica, de forma a reduzir a queima de combustíveis fósseis e diminuir a pressão para a construção de novas hidrelétricas na Amazônia, que, em geral, afetam negativamente o meio ambiente e as comunidades que vivem na região;

7

Desenvolver tecnologias energéticas com baixa emissão de gases que causam efeito estufa e, simultaneamente, de poluentes tóxicos locais;

8

Criar instrumentos para a consolidação de redes de informações georreferenciadas com base em dados já existentes no país sobre clima, uso e ocupação de solo, morbidade e mortalidade georreferenciadas, cobertura vegetal (incluindo zonas urbanas), dados censitários, imagens de satélite (incluindo de queimadas) e estimativas das concentrações de gases e partículas, bem como outras que forem necessárias para a condução de estudos relacionando saúde com variações de concentrações de poluentes e clima nas suas dimensões de tempo e espaço – o gerenciamento deste sistema de informações deve ser voltado para produção de políticas públicas consistentes e de longo prazo;

9

Desenvolver sensores de baixo custo para medidas de poluentes atmosféricos, de forma a suprir a expressiva falta de cobertura dessas medidas no território nacional;

10

Aprimorar técnicas simples de biomonitoramento da poluição, incluindo bioconcentração e efeitos tóxicos dos poluentes, para emprego em regiões desprovidas de instrumentação convencional para a aferição das concentrações de poluentes atmosféricos;

11

Contribuir para a criação de um ambiente que facilite a formação de redes de colaboração científica voltadas ao tema poluição do ar e saúde humana, assim como estudos sobre os benefícios diretos e indiretos das medidas de mitigação e redução de emissões.

ÁGUA PARA TODOS

A distribuição da água no território brasileiro não é homogênea. Se, por um lado, há uma vasta malha hídrica continental, incluindo uma das maiores reservas de água do planeta – a Amazônia –, por outro, há espaços significativos sem a devida disponibilidade de água, seja por causa de características geográficas específicas ou pela ausência de uma distribuição adequada deste recurso. Em algumas regiões, a sazonalidade das chuvas faz com que a presença da água flutue enormemente: há períodos de excesso de água, com impactos erosivos, alteração das condições de escoamento e perda de solo fértil, e épocas de seca, limitando a agricultura nessas áreas.

O resultado é que já começaram a ocorrer conflitos relativos ao uso urbano, industrial e agrícola da água, o que sublinha a necessidade da elaboração de uma agenda que busque garantir água para todos. Antes que essa agenda seja definida, é preciso analisar de forma integral a questão da água, incluindo todo o ciclo hidrológico, desde a água da chuva e dos lagos, rios, canais, represas, áreas úmidas e depósitos subterrâneos, até os diferentes tipos de emissões poluidoras, sejam elas domésticas, industriais, da agropecuária ou da mineração, ou ainda relacionadas à extração de petróleo e gás das plataformas continentais. Essa análise completa apenas será possível com métricas que possibilitem uma avaliação precisa, confiável e acessível da disponibilidade e da qualidade hídrica de cada região.

O Brasil e, em especial, seus grandes centros urbanos requerem o desenvolvimento de um programa consistente acerca do uso e do reuso da água. Evidentemente, informações robustas são necessárias para o desenho de políticas adequadas para esse contexto.

De antemão, pode-se destacar que os mananciais de água subterrânea têm o potencial de contribuir significativamente para suprir as necessidades hídricas do país, desde que devidamente avaliados. É sabido, ainda, que as áreas úmidas têm importância vital (veja o quadro “Tesouro molhado”) e que a manutenção de reservas hídricas adequadas à demanda brasileira dependerá primariamente da proteção de nascentes e florestas ripárias (isto é, próximas aos corpos d’água), o que requer não apenas o efetivo cumprimento das normas ambientais já elaboradas, mas também o desenvolvimento de novas e robustas estratégias de recuperação de áreas degradadas. Intervenções artificiais para a transposição de sistemas hídricos devem ser consideradas apenas depois de profunda análise científica e consideração de alternativas com menor impacto ambiental.

TESOURO MOLHADO

As áreas úmidas exercem papel crucial no sistema hídrico brasileiro. Cerca de 20% do território nacional são cobertos por várzeas, igapós, veredas, matas ripárias, buritizais, turfeiras e outros tipos de áreas úmidas, responsáveis por estocar parte do excesso de água durante a época chuvosa e liberá-la lentamente para os riachos e rios durante o período mais seco. Além disso, essas regiões fornecem outros serviços fundamentais para o meio ambiente e para o homem, como a redução da amplitude da oscilação do nível dos riachos e rios, o reabastecimento do lençol freático, a retenção de sedimentos, a limpeza da água e a manutenção da biodiversidade, além da própria disponibilidade de água limpa para diferentes usos.

Em relação à biodiversidade, é preciso destacar que a preservação do vasto conjunto de organismos aquáticos que habita as áreas úmidas e os corpos de água garante, adicionalmente, condições para manter a variabilidade genética, enfrentar novos desafios na produção de alimentos, conservar os serviços ecossistêmicos e proporcionar qualidade ambiental.

Por essas razões, a modificação massiva de áreas úmidas em todo o território nacional e sua transformação em áreas de uso agropecuário e/ou habitacional, bem como a poluição decorrente das diferentes ações antrópicas, têm profundos efeitos negativos sobre o sistema hídrico e, em especial, sobre a interação água-solo. Enchentes extremas, deslizamentos, desabastecimento de água e elevadíssimas perdas financeiras e humanas têm sido as consequências mais danosas e cada vez mais frequentes desse processo.



Em cada um desses aspectos, a ciência será aliada fundamental, por exemplo, ao desenvolver técnicas de restauração ecológica de mais baixo custo ou estratégias para viabilizar economicamente o cumprimento da Lei de Proteção à Vegetação Nativa (o “Novo Código Florestal”), que exige a restauração de áreas de preservação permanente e reservas legais em propriedades privadas.

Modelos para a avaliação da qualidade de águas continentais, disponíveis apenas para poucas bacias hidrográficas, precisam ser expandidos para todo o território, e a legislação sobre qualidade da água precisa estar adaptada às características nacionais e locais – por exemplo, águas com altos níveis de carbono orgânico dissolvido, ácidas e pobres em íons requerem regras específicas de manejo, que devem ser regulamentadas.

Ciência e tecnologia podem contribuir, também, com novas estratégias para a redução da quantidade de poluentes que atinge rios e lagos, além de técnicas para identificar a poluição aquática por medicamentos, agrotóxicos e outros poluentes persistentes, de uso industrial e doméstico, que podem ter efeitos devastadores, ainda não totalmente determinados, sobre a fauna aquática e a saúde humana. Podem, sobretudo, buscar soluções para a implantação de um programa abrangente e eficaz de saneamento básico, o que teria um efeito direto e positivo sobre a disponibilidade de água de qualidade no país.

As águas oceânicas constituem um capítulo à parte na questão hídrica e requerem uma agenda específica, que vai desde a capacitação de pessoal de alto nível até o contínuo monitoramento das águas costeiras no que se refere à interação com os desequilíbrios continentais, que têm efeitos significativos sobre a vida marinha. As ciências do mar são tema do **Capítulo 13** deste livro.

Em cada um dos temas já mencionados, a sinergia entre cientistas, juristas, legisladores e executivos é fundamental para garantir o sucesso das estratégias traçadas. Por isso, será necessário aprimorar o diálogo entre esses profissionais – um avanço nesse sentido permitirá a adaptação da legislação em vigor, que trata dos recursos hídricos, ao conhecimento científico já disponível, de modo a satisfazer as atuais e futuras exigências econômicas, ecológicas e sociais de um Brasil em estágio de desenvolvimento acelerado. Este assunto será abordado no **Capítulo 12**.

Em síntese, a agenda de C,T&I para o compartimento água deve envolver:

1

Desenvolver e utilizar de forma ampla tecnologias contemporâneas (por exemplo, sensores de alto desempenho, monitoramento em tempo real utilizando drones, veículos aéreos não tripulados, imageamento por satélite, internet das coisas, armazenamento em nuvens, entre outras) para inventário e monitoramento qualitativo e quantitativo das águas superficiais, áreas úmidas, águas subterrâneas e efluentes, além da determinação da disponibilidade hídrica atual e futura;

2

Elaborar modelos que permitam uma visão integrada do relacionamento entre águas superficiais, águas subterrâneas e áreas úmidas, de modo a auxiliar o uso sustentável dos recursos hídricos, tanto no ecossistema aquático quanto no terrestre;

3

Realizar inventários completos das áreas úmidas em todo território nacional, incluindo a sua classificação, a delimitação de suas bordas e a avaliação da sua integridade ambiental, medida pelo estado da vegetação natural dentro e ao redor das mesmas. Esses inventários deverão nortear ações concretas para a manutenção dos múltiplos serviços das áreas úmidas, a diminuição de riscos à sua integridade ecológica e a elaboração de planos de recuperação, de modo a garantir a disponibilidade de água para o homem e para a natureza;

4

Avaliar o impacto de mudanças climáticas nos processos hidrológicos e na disponibilidade hídrica, bem como medidas adaptativas a essas mudanças;

5

Estabelecer infraestrutura e competências para identificação e caracterização de poluentes orgânicos emergentes e persistentes;

6

Desenvolver tecnologias para monitorar e minimizar as perdas nas redes de abastecimento de água;

7

Investir na modernização da rede de distribuição da água e do sistema de saneamento básico, bem como no melhor aproveitamento da água da chuva, que deve ser priorizado em relação ao uso das águas subterrâneas, da transposição de rios e da dessalinização da água do mar;

8

Promover e desenvolver tecnologias para o uso mais eficiente dos recursos hídricos nos processos industriais, especialmente no agronegócio. Há de se considerar que o consumo de água pelo agronegócio representa mais de 70% do consumo de água do país, e que o potencial de irrigação no Brasil é de cerca de 30 milhões de hectares, dos quais hoje são utilizados apenas cerca de 7 milhões de hectares. A contribuição da C,T&I é, portanto, essencial para aumentar a eficiência do uso da água na agropecuária e na agroindústria, para a definição de políticas públicas e para a gestão de conflitos;

9

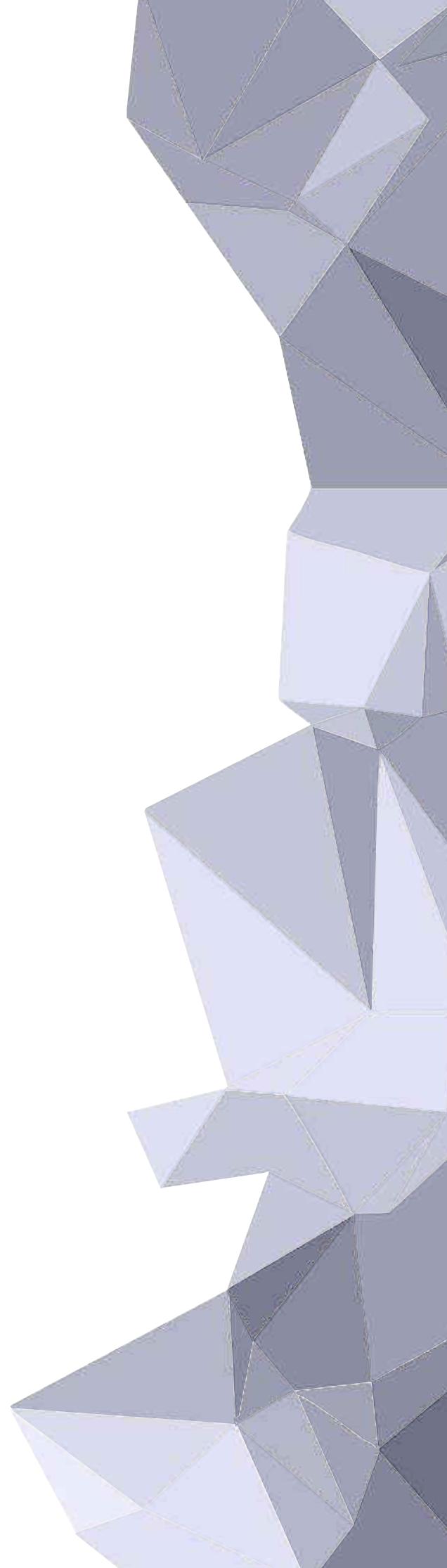
Avaliar o impacto de poluentes sobre a vida aquática;

10

Capacitar pessoal de alto nível para realizar monitoramento contínuo das águas costeiras;

11

Promover a sinergia entre cientistas, juristas e legisladores para a definição de políticas públicas fortemente embasadas em conhecimento científico, de forma a satisfazer as atuais e futuras exigências econômicas, ecológicas e sociais do país.



MUITO ALÉM DAS PLANTAÇÕES

Finalmente, o terceiro compartimento da biosfera, o solo, guarda íntima relação com os dois primeiros, influenciando suas qualidades e sendo influenciado por ambos. Afinal, ele próprio é composto de uma combinação entre os três elementos: uma fração sólida de material orgânico ou inorgânico, uma fração gasosa (chamada de atmosfera do solo) e uma fração líquida (a solução do solo). Os componentes sólidos geralmente se agregam, criando um sistema de poros de vários tamanhos por onde circulam a água, o ar e os organismos do solo, cuja diversidade corresponde a, aproximadamente, 25% de toda biodiversidade terrestre.

Da mesma forma que o ar e a água, o solo também é impactado pela ação antrópica e pode-se dizer que boa parte dos efeitos da ação do homem sobre os outros dois compartimentos tem origem no solo, onde acontece a maior parte das atividades humanas, como a agricultura (veja o quadro “Responsabilidade na agricultura”), o desmatamento e tantas outras. Por isso, os cuidados com o solo devem abarcar mais do que os cuidados voltados para a produtividade convencional: é preciso considerar as funções mais amplas desse compartimento para a manutenção dos sistemas naturais e agrícolas. Isso passa por uma nova visão de manejo do solo, sob um ponto de vista semelhante ao conceito de segurança alimentar, ou seja, há necessidade também de um enfoque técnico-científico que contemple a segurança global dos solos.

RESPONSABILIDADE NA AGRICULTURA

Estima-se que, para atender à crescente população mundial, a produção de alimentos no planeta deverá crescer 50% até o ano 2050.^[ii] Caberá ao Brasil uma parte importante desse esforço global: suprir cerca de 40% do aumento da demanda por comida. Alcançar esse objetivo somente será possível unindo produtividade e resiliência nos sistemas produtivos agrários.

Entretanto, a falta de dados sistematizados regionalmente que possam contribuir para a modelagem agrícola nos diferentes espaços do território e que auxiliem a formulação de políticas públicas limita a chance de sucesso nessa empreitada. A avaliação das

possibilidades e limitações dos diferentes territórios para a produção agrícola esbarra na falta de análises integradas que incluam propriedades dos solos, biodiversidade e características socioeconômicas, em escala compatível com as unidades agrícolas e com as microbacias hidrográficas.

Outra fragilidade reside no fato de que as novas fronteiras agrícolas, no Brasil, se desenvolvem cada vez mais em áreas de solos frágeis e, frequentemente, consideradas marginais para uso agrícola, o que exige forte atuação e investimento em pesquisa para serem utilizadas da forma mais sustentável possível. Informações científicas podem auxiliar, também, no planejamento do uso agropecuário de áreas degradadas, o que diminuiria a pressão do desmatamento. Há, no Brasil, mais de 50 milhões de hectares de solos degradados^[iii] ou de baixa produtividade, que poderiam ser reinseridos no processo produtivo com as tecnologias hoje disponíveis, por exemplo, o Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)^[8] e o Sistema Plantio Direto (SPD).^[9]

Ainda em relação ao manejo do solo, é preciso promover o uso eficiente de insumos agrícolas. Segundo a Associação Internacional de Fertilizantes,^[10] o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, em volume total, e cerca de dois terços desses fertilizantes são importados, o que coloca o país numa situação frágil de dependência da importação desse insumo. Porém, existem várias reservas de agrominerais nacionais com potencial para uso como fonte de nutrientes, além de enormes quantidades de resíduos da agroindústria e de outras fontes que poderiam ser transformados para uso agrícola.

O desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a utilização desses recursos pode impactar positivamente a balança comercial brasileira, reduzir custos da produção agropecuária e minimizar os riscos relativos à dependência externa. Além disso, pesquisas que envolvam o uso eficiente de fertilizantes são, também, essenciais e estratégicas para a obtenção de produtividades máximas econômicas e para diminuir as perdas de nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera.

Por fim, vale ressaltar que o Brasil possui o maior volume mundial de negócios com pesticidas – embora o uso de pesticidas por hectare cultivado ou o investimento em dólares por hectare seja proporcionalmente menor do que o encontrado em países como Japão, França e Estados Unidos, entre outros. É importante que os setores produtivos estejam cada vez mais atentos para minimizar os riscos ecológicos.

A questão da agricultura no Brasil será discutida com maior profundidade no **Capítulo 6** deste livro.

Entre as funções mais amplas do solo para a manutenção dos sistemas naturais e agrícolas, pode-se destacar a regulação de fluxo hídrico, a atenuação do efeito de poluentes e a regulação da qualidade do ar e da água – todas elas são funções primárias que vêm sendo perdidas em solos degradados. Assim, ampliar o estudo das funções dos solos brasileiros e mapear suas aptidões e usos é central diante dos imensos desafios não só para a produção de alimentos, mas para a recuperação de áreas degradadas, em particular na Amazônia, e para a qualidade de vida do homem.

O potencial de uso do solo depende da combinação de atributos biológicos, químicos e físicos e, também, da interação com o ar e com a água. Proteger o solo envolve, portanto, proteger sua capacidade de manter várias funções simultaneamente, incluindo produção de alimentos, fibras e combustíveis; armazenamento de nutrientes e carbono; filtração, purificação e estoque de água; transformação química de poluentes orgânicos e inorgânicos; degradação e armazenamento de lixo; e manutenção da estabilidade e da resiliência ecossistêmica.

Além desses aspectos, há que se considerar questões relacionadas a erosão, impermeabilização, compactação, salinização, acidificação e poluição com produtos químicos de difícil degradação que acabam por inutilizar amplos espaços. A erosão, em particular, tem como um de seus principais efeitos negativos a perda de matéria orgânica e, assim, pode ser considerada o indicador mais simples e um dos mais importantes para se medir a qualidade do solo.

Como os problemas indicados acima interagem de formas diferentes em cada um dos ecossistemas brasileiros, é preciso avaliar caso a caso as melhores estratégias para atacá-los, sem generalizações, o que demanda um processo continuado de produção e disseminação de informação. Note-se, ainda, que, sendo impossível dissociar a questão dos solos da problemática da água e do ar, a formulação de pesquisas e de políticas públicas deverá respeitar a análise conjunta desses fatores. Uma iniciativa interessante nesse sentido tem sido o fomento de estudos integrados no modelo de Observatórios de Zona Crítica (do inglês *Critical Zone Observatories*^[7]), em que se analisa “desde o topo das árvores até o fundo dos aquíferos”.

Alguns temas prioritários para a ciência e a tecnologia relacionadas aos solos são:

1

Analisar os impactos das políticas públicas na provisão de serviços ecossistêmicos nos agroecossistemas, valorizando os produtores rurais que adotarem práticas conservacionistas;

2

Desenvolver métodos e ferramentas que permitam a análise da dinâmica de uso e cobertura da terra com maior rapidez e custos reduzidos, de forma a identificar áreas frágeis ou degradadas onde devam ser priorizados os investimentos de proteção e recuperação;

3

Implementar a utilização plena da inteligência oriunda da pesquisa científica e do conhecimento tácito dos produtores, incentivando o desenvolvimento da agricultura inteligente, que preconiza a junção de instrumentação agropecuária, nanotecnologia, biotecnologia, tecnologias da informação e comunicação e ciências cognitivas;

4

Organizar a informação e a transferência de resultados gerados pela ciência em linguagem acessível aos diversos setores da sociedade, incentivando o engajamento de uma crescente população urbana na proteção dos recursos naturais e no aumento da segurança alimentar. Soma-se a essa medida a elaboração de um sistema nacional de informações que inclua os atributos dos solos brasileiros e sua distribuição, de forma a apoiar o planejamento do uso e da conservação de solos;

5

Desenvolver base tecnológica para a produção de novos tipos de fertilizantes (orgânicos e organominerais) que incorporem estratégias como uso de novas fontes minerais de nutrientes, aproveitamento de resíduos agroindustriais, aumento da eficiência de absorção dos nutrientes e utilização de microrganismos benéficos;

6

Incentivar pesquisas sistemáticas sobre risco ecológico e à saúde derivados do uso de pesticidas e fertilizantes em diferentes agroecossistemas;

7

Desenvolver projetos pilotos nos diferentes biomas brasileiros, buscando entender a interação sinérgica entre os compartimentos solo, água e ar.

TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Atualmente, as tecnologias digitais (*big data*, robótica, internet das coisas, manufatura 3D) para a informação, a comunicação e a manufatura são, de forma crescente, vetores de inovação e de competitividade. Assim, programas voltados para a qualidade do ar, do solo e da água podem se beneficiar de um gerenciamento otimizado por meio do uso ampliado dessas técnicas.

Diversas variáveis ambientais podem ser medidas e monitoradas, em tempo real, por meio de sensores distribuídos em amplos territórios. Os dados coletados podem, por sua vez, ser tratados, analisados e utilizados para a tomada de decisão. Modelos e simulações de caráter preditivo podem, ainda, ser incorporados visando promover uma gestão inteligente e de longo prazo.

Por isso, a ABC recomenda:

1

Incentivar a formação de recursos humanos altamente qualificados, inclusive por meio de programas de cooperação internacional;

2

Potencializar os investimentos em P&D no país por meio do compartilhamento de infraestruturas laboratoriais, de campos experimentais e de pessoal, de modo a reduzir custos operacionais e prazos de alcance dos resultados, otimizando recursos humanos, financeiros e materiais já disponíveis;

3

Estimular o empreendedorismo para criar empresas de base tecnológica, *startups*, consultorias, cursos e treinamentos, de modo a facilitar a geração de tecnologias e a formação de recursos humanos e, com isso, a criação de novos negócios, empregos e bem-estar no país;

4

Explorar oportunidades do novo marco legal de C,T&I para parcerias público-privadas em inovação;

5

Aproveitar as sinergias que surgirão entre o campo e as cidades devido às possibilidades de conectividade refletidas nos conceitos emergentes de cidades inteligentes e agricultura inteligente;

6

Integrar as sociedades científicas aos grupos de trabalho governamentais que participam da concepção de legislações e políticas públicas integradoras da qualidade do ar e do manejo do solo e da água.

SUGESTÕES PARA LEITURA

BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Org.). **Águas do Brasil: Análises Estratégicas**. São Paulo: ABC, Instituto de Botânica, 2010. 224 p.

FIELD, D. J.; MORGAN, C.L.S.; MCBRATNEY, A. B. **Global Soil Security: Progress in Soil. Science Series**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.

PERDRIAL, J.; THOMPSON, A.; CHOROVER, J.. Soil Geochemistry in the Critical Zone: Influence on Atmosphere, Surface- and Groundwater Composition. **Developments In Earth Surface Processes**, [s.l.], p.173-201, 2015. Elsevier.
<<http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-444-63369-9.00006-9>>.

SIOLI, H.. **The Amazon: Limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin**. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1984. 763 p.

STRAIF, K.; COHEN, A.; SAMET, J.M.. **Air Pollution and Cancer: IARC Scientific Publication 161**. Geneva: WHO, 2013. 177 p.
Disponível em:
<<http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php>>.
Acesso em: 14 mar. 2018.

-
- [1] Consulte a lista completa em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>.
- [2] Para conhecer as 169 metas estabelecidas para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, acesse <http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/ODSportugues12fev2016.pdf>.
- [3] Saiba mais sobre o tema no link <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM+>>.
- [4] Saiba mais em <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris/item/10710>>.
- [5] Mais informações em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>.
- [6] O projeto PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, realiza levantamentos sistemáticos sobre o desmatamento na Amazônia. Confira em <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>.
- [7] Informações no link <<http://criticalzone.org/national/>>.
- [8] Saiba mais em <<https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf>>.
- [9] Saiba mais em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etn6qe10im.html>.
- [10] Acesse a página da instituição pelo <link <https://www.fertilizer.org/En/Statistics>>.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [i] LOOMIS, D. et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. **The Lancet Oncology**, v. 14, n. 13, p. 1262-1263, 2013.
- [ii] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **How close are we to #ZeroHunger?: the state of food security and nutrition in the world**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- [iii] DIAS-FILHO, M. B.. **Documentos 402: Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Belém (PA): Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 38 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2018.